

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

Магістерська робота

на тему: **НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ
СОРТАМЕНТУ ЗВАРНИХ ДВОТАВРІВ ДЛЯ ПЕРЕКРИТЬ
ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ**

Допустити до захисту

Завідувач кафедри БДМБ, к.т.н., професор

В.А. Настоящий

" ____ " _____ 2021 р.

Керівник магістерської роботи, к.т.н., старший викладач

М.В. Пашинський

" ____ " _____ 2021 р.

Консультант з охорони праці, к.т.н., доцент

В.В. Дарієнко

" ____ " _____ 2021 р.

Виконав студент 6 курсу

спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія

О.В. Руденко

" ____ " _____ 2021 р.

Кропивницький – 2021

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Робота виконана з метою розроблення сортаменту зварних двотаврів з модульною висотою для використання в балах перекриття житлових і громадських висотних будівель. Виходячи з сіток колон від 6×6 м до 12×12 м, оцінені можливі значення постійного та змінного навантаження на перекриття. Встановлені класи міцності та розрахункові опори сталей для виготовлення зварних балок перекриття висотних будівель.

Знайдена залежність найбільшого необхідного моменту опору від висоти перерізу, реалізація якої в сортаменті зварних двотаврів дозволить проектувати балки перекриття висотних будівель за мінімальною висотою. Розроблена й реалізована в середовищі Microsoft Excel автоматизована методика компонування перерізів зварних двотаврів модульної висоти з універсального широкосмугового прокату стандартних розмірів.

Сформований сортамент з 333 зварних двотаврів з модульними висотами 200...1200 мм через 100 мм та кроком зміни площі перерізу 5...6% в межах кожної висоти. Діаграма, яка показує межі зміни моменту опору двотаврових профілів різної висоти, дозволяє уніфікувати профілі за висотою при умові забезпечення необхідних значень моментів опору.

Побудовані графіки, які дозволяють визначити мінімальну висоту балки залежно від прольоту й розрахункового опору сталі, а також оптимальну висоту балки залежно від прольоту, розрахункового опору сталі та погонного навантаження на балку. Виходячи з умови рівності мінімальної та оптимальної висоти балок, отримана графічна залежність для визначення оптимального розрахункового опору сталі залежно від прольоту балки та погонного навантаження на неї.

Розроблено порядок підбору перерізу зварних двотаврових балок, який за рахунок вибору оптимального розрахункового опору сталі забезпечує досягнення мінімально можливої товщини перекриття при повному використанні міцності сталі.

SUMMARY

The work was performed in order to develop a range of welded I-beams with modular height for use in the floors of residential and public high-rise buildings. Based on the grids of columns from 6×6 m to 12×12 m, the possible values of constant and variable load on the floor are estimated. Strength classes and design supports of steels for the manufacture of welded beams of high-rise buildings have been established.

The dependence of the greatest required moment of resistance on the height of the section, the implementation of which in the range of welded I-beams will allow to design the beams of the floors of high-rise buildings at a minimum height. The automated technique of layout of sections of welded I-beams of modular height from universal broadband hire of the standard sizes is developed and realized in the Microsoft Excel environment.

An assortment of 333 welded I-beams with modular heights of 200...1200 mm through 100 mm and a step of changing the cross-sectional area of 5...6% within each height was formed. The diagram, which shows the limits of change in the moment of resistance of I-beam profiles of different heights, allows you to unify the profiles in height, provided that the required values of resistance moments.

Graphs are constructed that allow to determine the minimum height of the beam depending on the span and the calculated resistance of the steel, as well as the optimal height of the beam depending on the span, the calculated resistance of the steel and the running load on the beam. Based on the condition of equality of the minimum and optimal height of the beams, the obtained graphical dependence for determining the optimal design resistance of steel depending on the span of the beam and the running load on it.

The order of selection of section of welded I-beams which due to a choice of optimum settlement resistance of steel provides achievement of the minimum possible thickness of overlapping at full use of durability of steel is developed.

З М І С Т

ВСТУП.....	3
Розділ 1 КОНСТРУКЦІЇ ПЕРЕКРИТЬ ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ.....	6
1.1 Призначення та загальна характеристика висотних будівель	6
1.2 Конструктивні рішення та вимоги до висотних будівель.....	10
1.3 Конструкції перекрить висотних будівель зі сталевим каркасом	13
1.4 Основи проектування зварних сталевих балок	15
1.5 Висновки з розділу та завдання досліджень.....	19
Розділ 2 ВИМОГИ ДО БАЛОК ПЕРЕКРИТЬ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ	21
2.1 Загальні вимоги до сортаменту балок.....	21
2.2 Прольоти та кроки балок перекрить висотних будівель.....	23
2.3 Навантаження на перекриття висотних будівель	26
2.4 Матеріали для зварних балок перекрить висотних будівель.....	28
2.5 Необхідні геометричні характеристики перерізів балок	30
2.6 Висновки з розділу	35
Розділ 3 МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБЛЕННЯ СОРТАМЕНТУ ЗВАРНИХ ДВОТАВРІВ ДЛЯ БАЛОК ПЕРЕКРИТЬ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ	37
3.1 Вимоги та завдання на розроблення сортаменту зварних двотаврів для балок перекрить висотних будівель.....	37
3.2 Методика компонування перерізів зварних двотаврів та її комп'ютерна реалізація	40
3.3 Результати розроблення сортаментів зварних двотаврів модульної висоти для балок перекрить висотних будівель.....	46
3.4 Аналіз характеристик розробленого сортаменту.....	51
3.5 Висновки з розділу	57

					MP 19220118 ПЗ			
Змн.	Арк.	№	Підпис	Дата				
Розробив		Руденко О.В.			Наукове обґрунтування та розроблення сортаменту зварних двотаврів для перекрить висотних будівель	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевірив		Пашинський М.В.					1	111
Реценз.						ЦНТУ гр. БП-20 МЗ		
Н. контроль		Дарієнко В.В.						
Затвердив		Настоящий В.А						

Розділ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО СОРТАМЕНТУ ЗВАРНИХ ДВОТАВРІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПЕРЕКРИТЬ	58
4.1 Межі зміни розрахункових параметрів балок перекрить	58
4.2 Мінімальна висота балок	59
4.3 Оптимальна висота балок	60
4.4 Оптимальний клас міцності сталі	62
4.5 Порядок проектування балок перекрить	64
4.6 Приклади проектування балок перекрить висотних будівель	66
4.7 Висновки з розділу	71
ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ	72
CONCLUSIONS RESULTS OF RESEARCH	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76
Додаток А – Сортамент зварних двотаврів для балок перекрить висотних будівель	80
Додаток Б ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ	93
Б.1. Загальні принципи організації системи охорони праці	93
Б.2. Вимоги до персоналу, що бере участь у виробничих процесах	94
Б.3. Вимоги до виробничих приміщень та обладнання	96
Б.4. Вимоги до матеріалів, заготовок та умов їх зберігання	98
Б.5. Вимоги до безпеки здійснення виробничих процесів	101

ВСТУП

Актуальність теми. Зростання вартості земельних ділянок в великих містах обумовлює широке упровадження в практику будівництва висотних житлових і громадських будівель. Будівельні норми ДБН В.2.2-41:2019 "Висотні будівлі" дають змогу масово проектувати житлові будинки висотою до 100 м та громадські – висотою до 150 м, тобто 25...40 поверхів. Така висота вимагає використання сталевих каркасів, елементом яких є балки перекриття, котрі жорстко або шарнірно обпираються на колони.

Важливим елементом просторового компонування висотних будівель є вимога щодо мінімально можливих товщин перекриття, виконання якої дозволяє зменшити загальну висоту будівлі. Для реалізації цієї вимоги необхідно підбирати перерізи зварних балок за мінімальною висотою та компонувати балкові клітки в одному рівні. Таке рішення дозволить зменшити вітрові навантаження, довжини колон та опалюваний об'єм, і тим самим забезпечити економію на стадіях зведення та експлуатації будівель.

З метою забезпечення цієї вимоги та спрощення підбору перерізів балок перекриття доцільно розробити сортамент зварних широкополічних двотаврів спеціально для перекриття висотних будівель. Ці двотаври повинні мати модульну висоту та широкий спектр характеристик поперечних перерізів, який дозволить проектувати балки однакової висоти під різні навантаження.

Мета дослідження: за результатами аналізу можливих значень навантажень та необхідних геометричних характеристик перерізів балок перекриття житлових і громадських висотних будівель розробити сортамент зварних двотаврів з модульною висотою та достатніми для вказаних будівель межами зміни геометричних характеристик поперечних перерізів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі **задачі**:

- 1) проаналізувати компоновку, габаритні розміри та конструктивні рішення балкових кліток перекриття житлових і громадських висотних будівель при різних схемах каркасів та кроках колон;

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		3

- 2) виявити можливі межі зміни навантажень, які можуть діяти на перекриття житлових і громадських висотних будівель;
- 3) встановити можливу товщину листового прокату, класи міцності та розрахункові характеристики сталей, які можна використовувати в балках перекриття житлових і громадських висотних будівель;
- 4) оцінити можливі межі зміни оптимальної та мінімальної висоти, необхідних моментів опору та моментів інерції поперечного перерізу двотаврових балок для перекриття висотних будівель при різних кроках колон та різних класах міцності сталей;
- 5) сформулювати вимоги та завдання на розроблення сортаменту зварних двотаврів для балок перекриття висотних будівель і розробити автоматизовану методику розрахунку компоновання перерізів зварних з широкими полицями в середовищі Microsoft Excel;
- 6) розробити сортамент зварних двотаврів модульної висоти для балок перекриття висотних будівель та проаналізувати характеристики поперечних перерізів профілів з розробленого сортаменту;
- 7) показати можливості використання розробленого сортаменту на прикладі експериментального проектування перекриття висотної будівлі.

Об'єкт дослідження: підбір перерізів сталевих балок для перекриття житлових і громадських висотних будівель.

Предметом дослідження сортамент широкополичних зварних двотаврів для балок перекриття висотних будівель.

Методи дослідження: аналіз конструктивних схем та навантажень на перекриття висотних будівель, методи опору матеріалів та розрахунку сталевих колон, експериментальне проектування балок.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- 1) створена концепція й методика розроблення сортаменту зварних двотаврів для використання в балках перекриття висотних будівель;
- 2) підтверджена доцільність використання в балках перекриття висотних будівель широкополичних зварних двотаврів модульної висоти;

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

3) запропонована методика підбору перерізів балок з розробленого сортаменту зварних двотаврів, яка забезпечує проектування перекрить висотних будівель з мінімально можливою товщиною.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні сортаменту зварних двотаврів модульної висоти та в підтвердженні доцільності використання розробленого сортаменту шляхом експериментального проектування перекриття висотної будівлі.

Апробація та публікація результатів роботи. Основні положення магістерської роботи були представлені на III Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Досвід впровадження у навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій» (Кропивницький, жовтень 2021 року).

Результати досліджень опубліковані в матеріалах конференції:

Руденко О.В. Принципи проектування сортаменту зварних двотаврів для перекрить висотних будівель // Досвід впровадження в навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій. Збірник матеріалів III Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції. – Кропивницький: ЦНТУ, 2021.– С. 25–26. (електронне видання).

Структура роботи. Робота містить 105 сторінок, у тому числі 19 таблиць, 24 рисунки, список з 42 використаних джерел, анотацію українською та англійською мовами, а також мультимедійну презентацію з 23 слайдів. Текст роботи містить вступ, 4 розділи, висновки і рекомендації за результатами досліджень, а також два додатки.

Розділ 1

КОНСТРУКЦІЇ ПЕРЕКРИТЬ ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ

1.1 Призначення та загальна характеристика висотних будівель

Висотними називають будівлі та споруди, висота яких набагато більша від розмірів у плані [1, 11, 15, 29, 37]. Це робить конструкцію гнучкою з періодом власних коливань, більшим за 0,25 секунди. Згідно з вимогами ДБН [8], при проектуванні таких об'єктів необхідно враховувати динамічні ефекти від вітрового навантаження, обумовлені поривами вітру. При цьому зусилля в елементах каркасу від дії вітру можуть зростати у 1,5...3 рази порівняно з зусиллями від статичної складової вітрового тиску.

Згідно з ДБН В.2.2-41:2019 "Висотні будівлі" [15], висотною вважається багатоповерхова будівля з умовною висотою понад 73,5 м. Більшість таких будівель мають офісне призначення. Частка житлових будівель складає близько 20% [32, 42]. Поширення висотних будівель обумовлюється зростанням населення Землі, дороговизною земельних ділянок в центрах крупних міст, архітектурно-містобудівними вимогами та питаннями престижу. Українські норми проектування [11, 15] поширюються на житлові будівлі висотою до 100 м та громадські висотою до 150 м. Ці обмеження по суті встановлюють гранично допустиму висоту будівель масового використання. Будівлі та споруди з більшою висотою вважаються унікальними з особливими вимогами та відповідними проектними рішеннями.

Висотні будівлі зводяться й використовуються вже більше ста років, а окремі висотні споруди різного призначення існували вже багато століть тому. Історія розвитку висотних будівель та споруд детально відображена в [32] на численних прикладах монументальних споруд, обелісків, дзвіниць, телевізійних башт, історичних і сучасних висотних будинків. Нижче зроблено короткий огляд історії та досягнень висотного будівництва, який дає уявлення про сучасні вимоги до конструкції висотних будівель.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Історично перші висотні споруди мали переважно монументальне призначення. Найбільш відомими з них є піраміда Хеопса (близько 2560 р. до н.е. висота 146 м), колос Родоський – статуя бога Сонця Геліоса на острові Родос (близько 290 р. до н.е., висота понад 30 м), монумент Джорджа Вашингтона у м. Вашингтон, США (1885 рік, 169 м), статуя Свободи в Нью-Йорку (1886 рік, висота 93 м з п'єдесталом), статуя Христа-Спасителя в Ріо-де-Жанейро (1931 рік, висота 38 м), монумент Батьківщині-матері в Києві (1981 р., висота 102 м з п'єдесталом) та багато інших подібних споруд.

Важливою галуззю висотного будівництва стали культові споруди, які мають форму будівель та чітке утилітарне призначення. Окремі приклади культових споруд, наведені на рисунку 1.1, свідчать про значні габарити, явне перевищення висоти над розмірами в плані та неординарні й ефектні архітектурні вирішення:

- а) кампаніла (дзвіниця і маяк) Сан-Марко, Венеція (1514 рік, відновлена у 1912 році після обвалення, висота 98,6 м);
- б) Ульмський собор, Німеччина – найвища церковна споруда у світі (закладений у 1377 році, завершений у 1890 році, висота 161,5 м);
- в) дзвіниця Софійського собору в Києві (1706...1852 роки, висота 76 м).

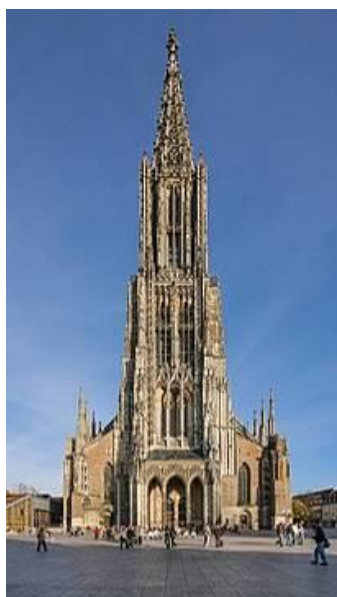


Рис. 1.1 Відомі споруди культового призначення

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Першим хмарочосом вважають будинок страхової компанії в Чикаго, який у 1885 році мав 10 поверхів та висоту 42 м, а в 1891 році збільшений до 55 м за рахунок надбудови ще двох поверхів. При порівняно невеликій висоті ця будівля мала усі ознаки сучасних хмарочосів: утилітарне призначення, металевий каркас, ліфт, розвинуті інженерні системи. Будинок знесений у 1931 році, але він став прообразом сучасних хмарочосів, будівництво яких активно ведеться, починаючи з початку 20-го століття. Найбільш відомі хмарочоси першої половини й середини 20-го століття зображені на рисунку 1.2:

- а) будинок страхової компанії в Чикаго (1885...1891 роки, 12 поверхів, 55 м);
- б) будинок Вулворта в Нью-Йорку – штаб-квартира компанії Вулворта (1913 рік, 60 поверхів, висота 241 м);
- в) Емпайр-Стейт-Білдінг в Нью-Йорку (1931 рік, 102 поверхи, висота 381 м та 448 м з антеною).
- г) будівля Московського університету на Ленінських горах (50-ті роки ХХ століття, 36 поверхів, висота 182 м, і 240 м зі шпилем).



Рис. 1.2 Хмарочоси кінця 19-го та першої половини 20-го століття

В останні десятиліття будівництво хмарочосів найбільш активно розвивається в азіатських та арабських країнах. На відміну від перших хмарочосів, сучасні висотні будівлі мають досить складні, оригінальні форми.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		8

Найвищою будівлею світу є хмарочос Бурдж Халіфа в Дубаї висотою 828 м.

Приклади сучасних висотних будівель вибірково показані на рисунку 1.3:

- а) міжнародний діловий центр у Москві з вежею Федерації (2000-ні роки, 95 поверхів, висота 374 м);
- б) Шанхайська вежа, КНР (2015 рік, 128 поверхів, висота 632 м);
- в) Бурдж Халіфа Дубай, Об'єднані Арабські Емірати – має офісне, торговельне на житлове призначення (2010 рік, 162 поверхи, висота 828 м).



Рис. 1.3 Сучасні висотні будівлі

Зведені в Україні висотні будівлі не мають рекордних розмірів, але мають чітке функціональне призначення та добре вписуються в архітектурне середовище Києва, де розміщена більшість із них. Висотне будівництво регламентоване нормами проектування висотних будівель [11, 15], які містять вказівки щодо об'ємно-планувальних та основних конструктивних рішень, методів проектування, вимог до інженерних систем та до пожежної безпеки, збереження здоров'я людей у процесі експлуатації тощо. Окремі приклади висотних будівель Києва зображені на рисунку 1.4:

- а) житловий комплекс "Мега-Сіті" на Харківському шосе в Києві (2004 рік, висота 115 м);
- б) бізнес-центр "Парус" в Києві (2007 рік, висота 133м та 150 м з антеною);

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

в) житловий комплекс на Кловському узвозі в Києві – найвищий хмарочос в Україні (2014 рік, 47-поверховий житловий комплекс висотою 168 м і 18-поверховий офісний центр, об'єднані 8-поверховим переходом).



Рис. 1.4 Висотні будівлі України

Житловий комплекс "Мега-Сіті" представляє собою практично звичайний житловий будинок з суцільною лінійною забудовою обумовленою утилітарним призначенням. Дві інші будівлі зведені посеред існуючої забудови і тому мають баштовий тип, характерний для більшості хмарочосів.

Проведений за даними відкритих інтернет-джерел аналіз вказує на прогресуючий розвиток висотного будівництва та на актуальність питань, пов'язаних з проектуванням громадських і житлових висотних будівель.

1.2 Конструктивні рішення та вимоги до висотних будівель

Висотні будівлі є унікальними об'єктами з особливими вимогами до їх архітектурного та конструктивного вирішення. Перші хмарочоси, зображені на рисунку 1.2, в основному мали в плані форму прямокутника чи декількох прямокутників, часто звужуючись з висотою. Різноманітні шпильки були декоративними елементами, підвищували будівлі для досягнення рекордної висоти та слугували для розміщення антен, метеорологічних та інших приладів.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		10

Сучасні хмарочоси часто мають досить складні форми в плані та непрямолінійні фасади [1, 28, 32, 37]. Зовнішні огорожувальні конструкції включають ефективні теплоізоляційні матеріали та облицювання з металевих панелей, скла тощо. Такі рішення обумовлені бажанням створити оригінальний вигляд будівель та надати їм високі експлуатаційні характеристики.

Об'ємно-планувальні рішення висотних будівель мають відповідати вимогам призначенню приміщень, які в них розміщені (житлові квартири, готелі, заклади торгівлі та громадського харчування, розважальні заклади навчальні заклади, бібліотеки, книгосховища, архіви та інші приміщення громадського призначення). Вимоги до будівель різного призначення викладені в нормах спеціальних проектування:

- ДБН В.2.2-15:2019 "Житлові будинки. Основні положення", [9];
- ДБН В.2.2-23:2009 "Будинки і споруди. Підприємства торгівлі", [10];
- ДБН В.2.2-25:2009 "Будинки і споруди. Підприємства харчування (заклади ресторанного господарства), [12];
- ДБН В.2.2-28:2010 "Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення", [13];
- ДБН В.2.2-3:2018 "Будинки і споруди. Заклади освіти", [14];
- ДБН В.2.2-9:2009 "Громадські будинки та споруди. Основні положення" [16].

Висотні будівлі істотно відрізняються від будівель аналогічного призначення звичайної поверховості. Особливості проектування висотних будівель викладені в нормативних документах [8, 11, 15], а також в науково-технічній літературі [1, 26, 28, 32, 37, 42]. До специфічних відмінностей висотних будівель слід віднести такі:

- каркасна схема несучих конструкцій з металу, монолітного залізобетону чи сталезалізобетону для на плитних фундаментах сприйняття великих навантажень від власної ваги, перекрить та вітру;
- конструктивні рішення повинні забезпечувати строк експлуатації не менше 150 років з можливістю відновлення ресурсу шляхом капітальних ремонтів;

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
						11
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

- необхідність динамічних розрахунків несучих конструкцій на вітрові навантаження та сейсмічні впливи;
- достатньою просторовою жорсткістю конструктивної системи для забезпечення психофізіологічної комфортності перебування людей на верхніх поверхах при дії вітру;
- підвищені вимоги до енергозбереження з класом енергоефективності не нижче "В" згідно з ДБН В.2.6-31:2016 "Теплова ізоляція будівель" у зв'язку з великою площею зовнішніх огорожувальних конструкцій;
- враховуються додаткові вимоги до систем електропостачання, зв'язку, телекомунікації, опалення, вентиляції, кондиціонування, водопостачання та каналізації, викладені в нормах [11, 15];
- кількість ліфтів, їх конструкції, розміщення, схеми організації руху визначаються за вказівками ДБН [11, 15];
- особлива увага приділяється протипожежним заходам, оскільки пожежі швидко розповсюджуються по висоті будівлі за рахунок утворення тяги.

Викладені вимоги обумовлюють особливості проектування несучих конструкцій висотних будівель. Норми [11, 15] рекомендують використовувати монолітні залізобетонні, металеві та сталезалізобетонні каркаси таких схем:

- рамна з напівжорсткими та жорсткими вузлами;
- в'язева з вертикальним стовбуром та з аутригерами;
- в'язева з ядром жорсткості;
- у вигляді зовнішньої просторової рами та ядра жорсткості;
- у вигляді зблокованих просторових рамних труб;
- у вигляді зовнішньої ферми.

Згідно з нормами [15], при виборі конструктивної схеми металевих каркасів "... перевагу слід віддавати рамним та рамно-в'язевим схемам із підвищеним ступенем статичної невизначеності, здатним до перерозподілу зусиль при аварійному виключенні з роботи окремих елементів. Перекриття слід виконувати переважно у вигляді нерозрізної монолітної залізобетонної плити", укладеної по сталевих ригелях каркасу.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Габаритні розміри каркасу та його елементів визначаються загальним об'ємно-планувальним рішенням будівлі, призначенням і компоновкою окремих приміщень. Висота поверху залежить від призначення приміщень і визначається за вимогами відповідних норм проектування [9, 10, 12, 13, 14, 16]. Сітка колон також залежить від призначення будівлі та необхідних розмірів внутрішнього простору, але при цьому повинна враховувати також загальну компоновку та роботу каркасу під навантаженням. Зазвичай кроки колон змінюються в межах 6...12 м, але при необхідності створення великого єдиного простору можуть бути більшими.

Постановка колон в плані в основному визначається планувальним вирішенням будівель, які можуть приймати досить різноманітні форми. Незалежно від форми плану, бажано створювати однорідну структуру з однаковими за формою відсіками між колонами. Такий підхід дозволяє уніфікувати як елементи перекриття, так і самі колони за їх конструкцією та навантаженнями на них.

Перекриття висотних будівель виконують монолітними чи збірно-монолітними, які утворюють жорсткі горизонтальні диски. Вузлові з'єднання ригелів перекриття з колонами можуть бути шарнірними або жорсткими залежно від вибору в'язевої чи рамної конструктивної схеми каркасу [15].

1.3 Конструкції перекриття висотних будівель зі сталевим каркасом

Згідно з рекомендаціями норм [11, 15], перекриття цивільних висотних будівель зі сталевим каркасом виконуються у вигляді балкових кліток з настилом із нерозрізних монолітних залізобетонних плит. На перекриттях розміщуються люди, обладнання і матеріали, необхідні для проживання чи виконання функцій будівель відповідно до їх призначення. За своєю компоновкою балкові клітки можуть бути спрощеного, нормального або ускладненого типу, як це показано на рисунку 1.5.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

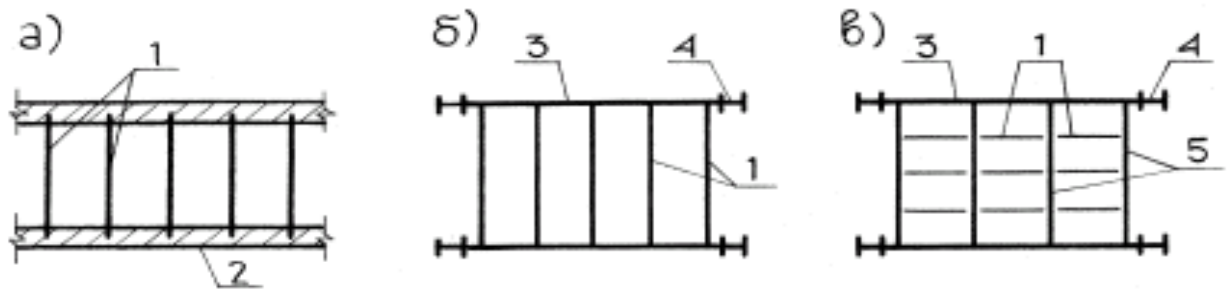


Рис. 1.5 Типи балкових кліток:

а) – спрощений тип; б) – нормальний тип; в) – ускладнений тип;
1 – балки настилу; 2 – стіни; 3 – головні балки; 4 – колони; 5 – допоміжні балки

Проліт і крок головних балок визначається сіткою колон, яка зазвичай встановлюється при архітектурно-планувальному вирішенні об'єкта. Тип розкладки балок обирається з урахуванням сітки колон, діючого навантаження та несучої здатності настилу. Враховуючи можливість монолітних залізобетонних плит настилу працювати на прольотах до 2...4 м, раціональним для перекрить цивільних будівель є нормальний тип розкладки балок.

Важливим елементом компоновки балкових кліток є тип з'єднання балок настилу в нормальному типі балкової клітки чи допоміжних балок в ускладненому типі балкової клітки з головними балками. Це з'єднання може бути поверховим чи в одному рівні (для нормального типу балкової клітки), а також пониженим у випадку ускладненого типу балкової клітки, як це показано на рисунку 1.6.

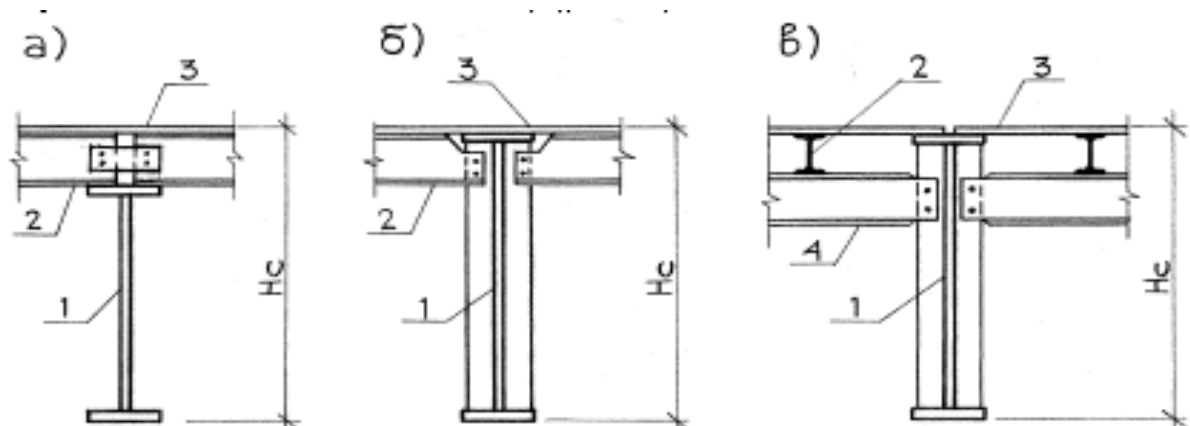


Рис.1.6. З'єднання балок: а) поверхове; б) в одному рівні; в) понижене;
 H_c – будівельна висота перекриття; 1 – головна балка; 2 – балка настилу; 3 – настил; 4 – допоміжна балка

Поверхове з'єднання при нормальному типі розкладки балок є не вигідним, оскільки збільшує товщину (будівельну висоту) перекриття. Це неприйнятне для висотних будівель, при проектуванні яких слід добиватися мінімально можливої товщини перекриття. Понижене з'єднання допоміжної балки з головною використовується лише в балкових клітках ускладненого типу, який може бути раціональним при великих кроках головних балок.

1.4 Основи проектування зварних сталевих балок

Проектний розрахунок зварної балки зводиться до вибору розмірів поперечного перерізу, які задовольняють усі вимоги ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції» [17] при мінімальній площі поперечного перерізу. При підборі перерізу виконуються перевірки міцності за нормальними й дотичними напруженнями, перевірка жорсткості балки, перевірки місцевої стійкості стиснутої полиці та стінки а також конструювання поперечних ребер жорсткості, якщо необхідне їх встановлення згідно з вимогами ДБН [17]. Для забезпечення цих вимог реалізуються такі етапи проектування:

- визначення загальних розрахункових параметрів (терміну експлуатації, коефіцієнта відповідальності, коефіцієнта умов роботи) за ДБН [7, 17];
- загальна компоновка несучих конструкцій, визначення навантажень на балку за ДБН [8] та розроблення розрахункової схеми балки згідно з ДБН [17];
- визначення розрахункових зусиль в перерізах балки, підбір перерізу з перевіркою міцності, жорсткості, загальної та місцевої стійкості за ДБН [17];
- виконання робочих креслень з урахуванням конструктивних вимог ДБН [17], розроблення специфікації сталі та визначення витрат сталі на балку.

Порядок компоновання перерізу зварної двотаврової балки згідно з вимогами норм [17] досить детально викладено в підручниках та посібниках [29, 34, 35, 37]. Вихідними даними для підбору перерізу балки служать:

L – проліт балки згідно з конструктивною та розрахунковою схемою;

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

q_m – граничне розрахункове значення рівномірно розподіленого погонного навантаження на балку згідно з ДБН [8];

q_e – експлуатаційне розрахункове значення рівномірно розподіленого погонного навантаження на балку згідно з ДБН [8];

R_y – розрахунковий опір сталі для балок за ДБН [17];

γ_n – коефіцієнт відповідальності за ДБН [7];

γ_c – коефіцієнт умов роботи за ДБН [17];

$[L/f]$ – гранично допустимий показник прогину балки за ДСТУ [21].

За переліченими вихідними даними визначаються експлуатаційне та граничне розрахункові значення найбільшого згинального моменту та граничне розрахункове значення поперечної сили в балці за формулами

$$M_e = \frac{q_e L^2}{8}; \quad M_m = \frac{q_m L^2}{8}; \quad Q_m = \frac{q_m L}{2}. \quad (1.1)$$

Необхідне значення моменту опору перерізу балки обчислюється з урахуванням згинального моменту (1.1), розрахункового опору сталі R_y та коефіцієнта умов роботи γ_c за формулою

$$W_n = \frac{M_m}{R_y \cdot \gamma_c}. \quad (1.2)$$

Оптимальна висота перерізу відповідає мінімальним витратам сталі на балку і визначається за формулою

$$h_{opt} = k \sqrt{\frac{W_n}{t_w}}, \quad (1.3)$$

де k – конструктивний коефіцієнт, який змінюється від 1,0 до 1,25 залежно від конструкції балки;

t_w – товщина стінки, яка орієнтовно приймається рівною

$$t_w = 7 + 0,003 \cdot h. \quad (1.4)$$

Висоту перерізу балки в першому наближенні приймають рівною

$$h \approx \left(\frac{1}{8} \dots \frac{1}{12} \right) L. \quad (1.5)$$

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						16
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

В підручнику [37] наведена також більш зручна формула оптимальної висоти, яку можна отримати з (1.6)

$$h_{opt} = 1,15 \sqrt[3]{\lambda_w W_H}, \quad (1.6)$$

де гнучкість стінки дорівнює

$$\lambda_w = h_w / t_w. \quad (1.7)$$

При komponуванні перерізу гнучкість стінки можна визначити з формули умовної гнучкості

$$\bar{\lambda} = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (1.8)$$

допустимі значення якої встановлені пунктом 9.5.1 ДБН [17]. При відсутності місцевих навантажень на стінку та двосторонніх поясних швах $\bar{\lambda} \leq 3,5$.

Мінімальне висота перерізу забезпечує потрібну жорсткість балки при повному використанні міцності сталі. Вона визначається за формулою

$$h_{min} = \frac{5 \cdot R_y \cdot \gamma_c \cdot L \cdot M_e}{24 \cdot E \cdot M_m \cdot [f/L]}, \quad (1.9)$$

де M_e та M_m – експлуатаційне та граничне розрахункове значення згинального моменту в балці за (1.1);

$E=206000$ МПа – модуль пружності сталі;

$[f/L]$ – гранично допустиме відношення прогину до прольоту балки за [21].

Остаточні приймають висоту балки більшою з висот (1.6) та (1.9) і встановлюють розміри поперечного перерізу двотавра: висота й товщина стінки h_w і t_w , ширина й товщина пояса b_f і t_f . Товщина стінки обирається мінімально можливою з умов міцності на зріз та місцевої стійкості. Ширина полиці обирається в межах від 1/5 до 1/3 висоти стінки, а її товщина – з умов міцності за нормальними напруженнями та жорсткості балки. Висота стінки та ширина полиці округлюються до 5...10 мм, а їх товщини повинні відповідати сортаменту листової сталі [5, 19, 20].

Виконуються перевірки місцевої стійкості стінки згідно з пунктом 9.5.1 ДБН [17] та стиснутого пояса згідно з пунктом 9.5.14 ДБН [17].

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

За відомими формулами опору матеріалів [39] обчислюються геометричні характеристики поперечного перерізу складеного двотавра:

$$\text{площа} \quad A = h_w t_w + 2 b_f t_f; \quad (1.10)$$

$$\text{момент інерції} \quad I = \frac{t_w h_w^3}{12} + 2 b_f t_f \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right)^2; \quad (1.11)$$

$$\text{момент опору} \quad W = \frac{2 I}{h_w + 2 t_f}. \quad (1.12)$$

Виконуються перевірки міцності та жорсткості балки за відповідними граничними нерівностями з ДБН [17]:

$$\text{міцність за нормальними напруженнями} \quad \alpha = \frac{100 \cdot M_m}{W \cdot R_y \gamma_c} \leq 1; \quad (1.13)$$

$$\text{міцність за дотичними напруженнями} \quad \beta = \frac{1,5 Q_m}{0,58 h_w t_w R_y \gamma_c} \leq 1; \quad (1.14)$$

$$\text{жорсткість балки} \quad \frac{L}{f} = \frac{10 \cdot E \cdot I}{100 \cdot M_e L} \geq \left[\frac{L}{f} \right], \quad (1.15)$$

у яких множники 100 забезпечують перетворення значень згинального моменту з кН×м у кН×см, а значення $[L/f]$ приймається за ДСТУ [21] залежно від призначення та прольоту балки. Перевірка жорсткості балки може не виконуватися, якщо висота перерізу не менша за мінімальну висоту (1.9).

У випадку надмірних запасів або невиконання граничних нерівностей (1.13), (1.14), (1.15) необхідно зменшити або збільшити розміри перерізу двотавра і повторити наступні розрахунки для до забезпечення одночасного виконання усіх вказаних вище умов міцності, жорсткості та місцевої стійкості з мінімально можливими запасами.

При необхідності встановлюються поперечні ребра жорсткості згідно з пунктом 9.5.9 ДБН [17] на відстанях не більше $2,5 \times h_w$. Їх положення узгоджується з кроком примикаючих конструкцій, а ширина й товщина двосторонніх ребер жорсткості визначаються за формулами:

$$b_r = \frac{h_w}{30} + 25; \quad t_r = 2 h_r \sqrt{\frac{R_y}{E}}. \quad (1.16)$$

Ширина ребер жорсткості зазвичай округлюється до 5 мм, а товщина приймається за сортаментом листової сталі.

1.5 Висновки з розділу та завдання досліджень

Виконаний огляд літератури з питань проектування висотних будівель та зокрема, сталевих балок їх каркасів, дозволяє зробити такі висновки:

1. Розвиток висотного будівництва дозволив накопичити значний досвід проектування, зведення й експлуатації висотних будівель та споруд. Цей досвід узагальнено в нормах проектування України ДБН В.2.2-24:2009 "Проектування висотних житлових і громадських будинків" та ДБН В.2.2-41:2019 "Висотні будівлі. Основні положення", де викладені вимоги до житлових та громадських будівель висотою до 100...150 м.
2. Архітектурні та об'ємно-планувальні рішення висотних будівель можуть бути дуже різноманітними, але при цьому висотні будівлі завжди виконуються каркасними. Матеріалом каркасу може бути монолітний залізобетон, сталезалізобетон чи з метал. Конструктивна схема сталевих каркасів виконується в'язевою, рамною, з ядром жорсткості, із зовнішньою жорсткою оболонкою та комбінованою.
3. Перекриття висотних будівель зі сталевим каркасом зазвичай виконуються у вигляді балкової клітки з настилом із нерозрізної монолітної залізобетонної плити суцільного перерізу. Важливою вимогою до перекирів висотних будівель є мінімально можлива товщина, яка сприяє зменшенню вітрових навантажень, довжини колон і витрат сталі на них, а також зменшенню опалювального об'єму будівлі.
4. В нормативній та навчальній літературі досить детально викладена методика підбору перерізів зварних балок, яка забезпечує виконання вимог ДБН В.2.6-198:2014 [17] щодо міцності та жорсткості балки, місцевої стійкості стінки та стиснутої полицки, а також конструктивних і технологічних вимог щодо співвідношення розмірів поперечного перерізу зварного двотавра.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

За результатами огляду літературних джерел сформульовано такі завдання досліджень:

- 1) проаналізувати компоновку, габаритні розміри та конструктивні рішення балкових кліток перекрить житлових і громадських висотних будівель при різних схемах каркасів та кроках колон;
- 2) виявити можливі межі зміни навантажень, які діють на перекриття житлових і громадських висотних будівель;
- 3) встановити можливу товщину листового прокату, класи міцності та розрахункові характеристики сталей, які можна використовувати в балках перекрить житлових і громадських висотних будівель;
- 4) оцінити можливі межі зміни оптимальної та мінімальної висоти, необхідних моментів опору та моментів інерції поперечного перерізу двотаврових балок для перекрить висотних будівель при різних кроках колон та різних класах міцності сталей;
- 5) сформулювати вимоги та завдання на розроблення сортаменту зварних двотаврів для балок перекрить висотних будівель і розробити автоматизовану методику розрахунку компоновання перерізів зварних з широкими полицями в середовищі Microsoft Excel;
- 6) розробити сортамент зварних двотаврів модульної висоти для балок перекрить висотних будівель та проаналізувати характеристики поперечних перерізів профілів з розробленого сортаменту;
- 7) показати можливості використання розробленого сортаменту на прикладі експериментального проектування перекриття висотної будівлі.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Розділ 2

ВИМОГИ ДО БАЛОК ПЕРЕКРИТЬ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ

2.1 Загальні вимоги до сортаменту балок

Виконаний у першому розділі огляд архітектурно-планувальних вирішень та несучих конструкцій висотних будівель [1, 11, 15, 26, 28, 32, 37, 42] дозволяє сформулювати такі вимоги до перекрить:

- перекриття повинні розраховуватися на навантаження згідно з ДБН [8] з урахуванням класу відповідальності будівлі СС3 за ДБН [7];
- товщина перекриття повинна бути якомога меншою з метою зменшення висоти будівлі та опалювального об'єму при заданій кількості поверхів;
- у якості настилів балкових кліток перекрить доцільно використовувати нерозрізні монолітні залізобетонні плити, зв'язані зі сталевими балками для створення горизонтальних жорстких дисків;
- укладена на плити настилу конструкція підлоги повинна передбачати звукоізоляційний шар з жорстких мінераловатних плит, армовану стяжку та чисту підлогу з лінолеуму, ламінату, паркету чи керамічної плитки;
- за даними джерел [24, 28, 30], загальна товщина залізобетонного настилу та інших шарів підлоги може становити 150...250 мм;
- підвісна стеля може мати загальну товщину 50...150 мм;
- для мінімізації загальної товщини перекриття висота перерізів сталевих несучих балок повинна бути найменшою, при якій задовольняються вимоги норм проектування [17] щодо міцності та жорсткості;
- викладені міркування показують, що загальна товщина перекриття може бути на 200...400 мм більшою від висоти перерізу головної несучої балки.

Виходячи з викладених вимог до перекрить в цілому, можна також окреслити вимоги до розробленого сортаменту сталевих несучих балок:

- зварні балки перекриття повинні мати мінімально можливу висоту при повному використанні міцності;

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

- сортамент повинен містити зварні двотаврові балки декількох модульних висот, які відповідають різним прольотам і навантаженням.
- кожному з обраних модульних значень висоти повинен відповідати досить широкий спектр геометричних характеристик поперечних перерізів балок, що дозволить запроектувати головні балки та балки настилу однієї висоти і таким чином спростити улаштування підвісних стель;
- двотаврові перерізи балок необхідно скомпонувати таким чином, щоб для них виконувалися вимоги до місцевої стійкості стінки та стиснутої полиці при використанні сталей різних класів міцності;
- при необхідності для кожного перерізу можливе встановлення класів міцності сталей, при яких можна використовувати ці перерізи;
- полиці та стінки балок виготовляються з листів широкосмугової універсальної сталі стандартної товщини за сортаментом [5], які реально можуть використовуватися для виготовлення сталевих конструкцій згідно з вказівками ДБН [17] щодо вибору сталі для конструкцій та визначення її розрахункових характеристик;
- висота стінки визначається як різниця прийнятої модульної загальної висоти балки та товщиною полиць;
- ширину полиць бажано обирати за шириною прокату з сортамента [5], але при необхідності може здійснюватися обрізка сталі до необхідної ширини;
- крок зміни площі перерізу в балках однієї модульної висоти, як правило, не повинен перевищувати 5%.

Розроблення сортаменту зварних двотаврових балок згідно з викладеними вимогами забезпечить можливість проектування несучих конструкцій перекрить багатоповерхових житлових і громадських будівель, раціональних з точки зору конструювання й примикання огорожувальних конструкцій, при мінімально можливих витратах сталі. Саме ці передумови покладені в основу розроблення сортаменту зварних двотаврових балок для перекрить висотних житлових і громадських будівель.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						22
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

2.2 Прольоти та кроки балок перекрить висотних будівель

Виконаний у першому розділі огляд конструкцій висотних будівель [11, 15, 28, 30, 42] показав, що залежно від архітектурного вирішення будівлі в цілому та планування внутрішнього простору колони можуть встановлюватися за різними схемами, але найчастіше використовуються регулярні сітки колон з кроками 6...12 м. З метою спрощення та уніфікації в подальших дослідженнях будемо розглядати найбільш поширені регулярні квадратні та прямокутні сітки колон з модульними розмірами 6×6 м, 6×9 м, 6×12 м, 9×9 м, 9×12 м, 12×12 м.

У якості настилів перекрить норми [11] рекомендують використовувати монолітні плоскі нерозрізні залізобетонні плити, об'єднані для сумісної роботи з несучими сталевими балками. Аналіз стандарту [24] показав, що плоскі збірні залізобетонні плити, які обпираються за розрізною схемою, випускаються товщиною 120 мм і 160 мм і можуть працювати на таких прольотах:

- при товщині 120 мм – від 1800 мм до 3600 мм;
- при товщині 160 мм – від 2000 мм до 6000 мм;

Виходячи з наведених розмірів плоских плит, та прийнятих вище сіток колон, залізобетонні плити можна обпірати на сталеві балки настилу, встановлені з кроком 2 м, 3 м, 4 м чи 6 м. Задля економії 30...60% бетону краще використовувати нерозрізні плити товщиною 100...120 мм, які слід обпірати на балки настилу з кроком 2 м або 3 м. При цьому схеми балкових кліток перекрить приймають вигляд, показаний на рисунках 2.1...2.6.

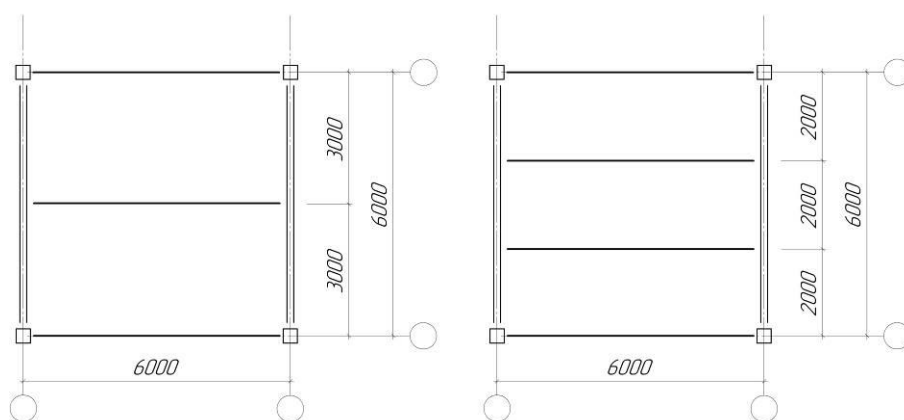


Рис. 2.1 Схеми перекрить при сітці колон 6×6 м

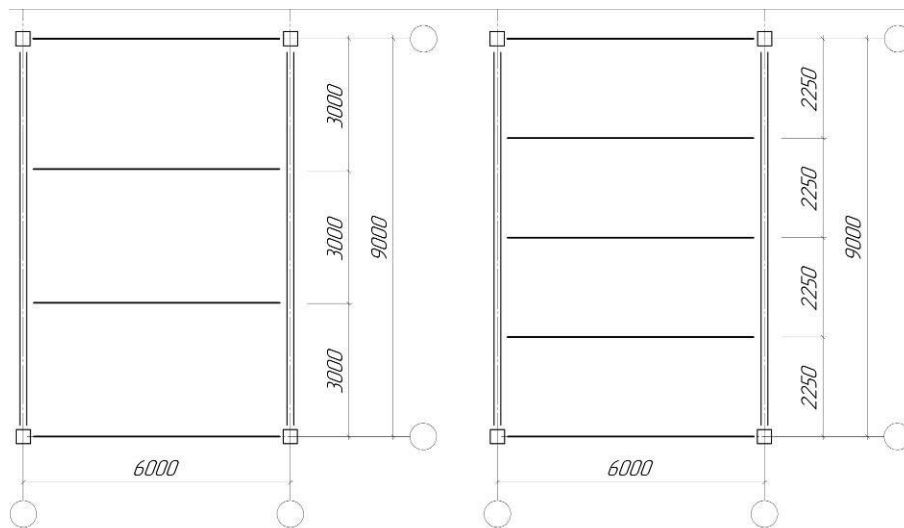


Рис. 2.2 Схеми перекритть при сітці колон 6×9 м

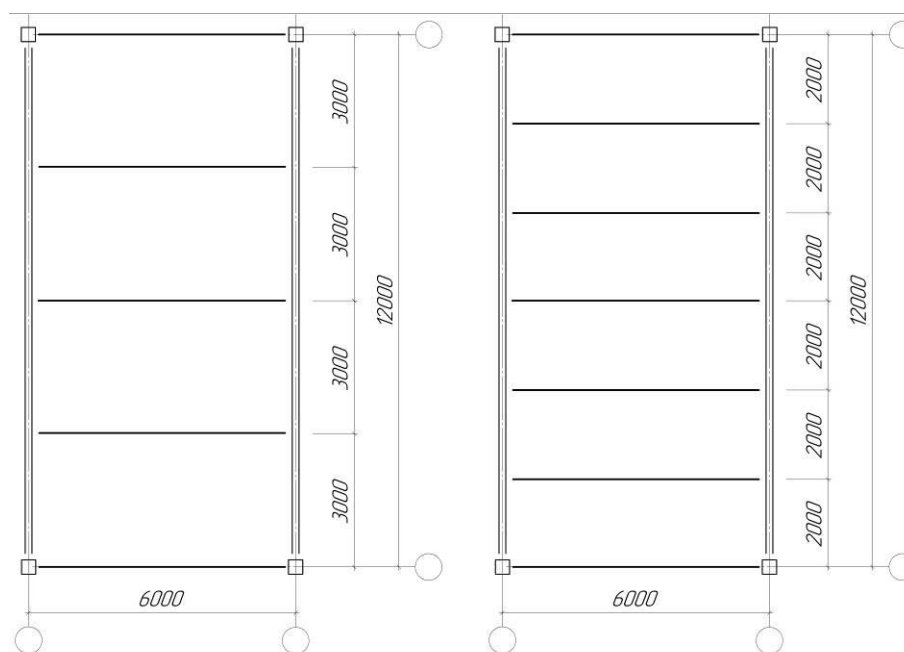


Рис. 2.3 Схеми перекритть при сітці колон 6×12 м

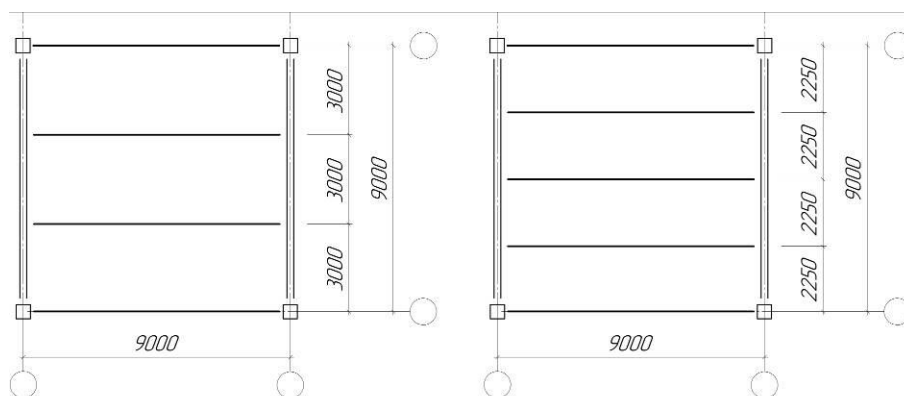


Рис. 2.4 Схеми перекритть при сітці колон 9×9 м

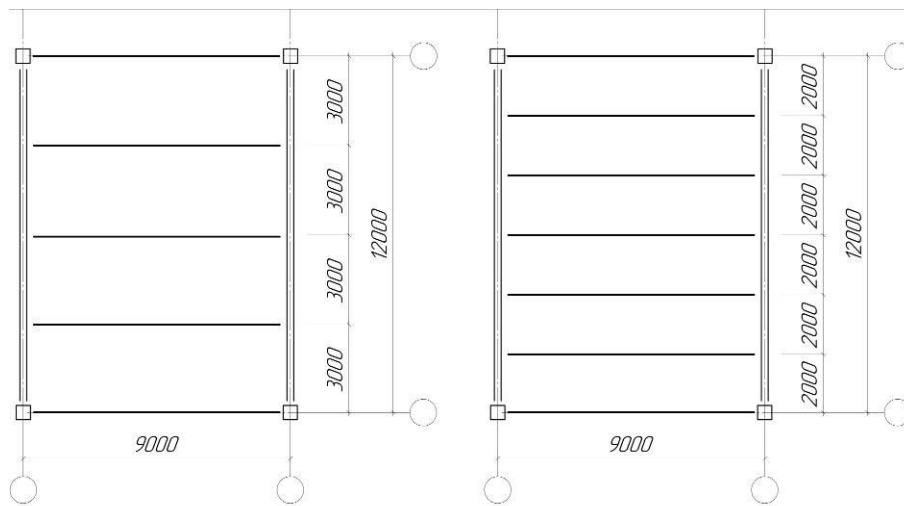


Рис. 2.5 Схеми перекрить при сітці колон 9×12 м

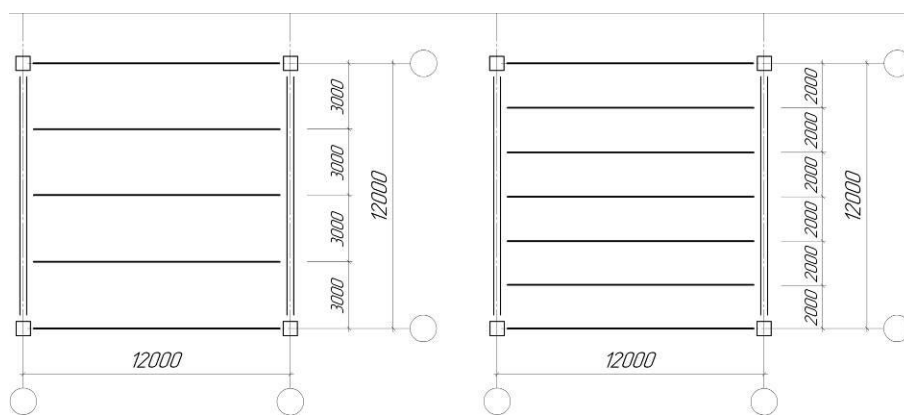


Рис. 2.6 Схеми перекрить при сітці колон 12×12 м

Таким чином, найменші перерізи повинні мати балки настилу з прольотами $L = 6$ м, $L = 9$ м і $L = 12$ м, встановлені з кроком $B = 2$ м. Найбільші перерізи повинні мати головні балки з такими генеральними розмірами:

$L = 6$ м, $B = 6$ м;

$L = 9$ м, $B = 6$ м;

$L = 9$ м, $B = 9$ м;

$L = 12$ м, $B = 6$ м;

$L = 12$ м, $B = 9$ м;

$L = 12$ м, $B = 12$ м.

Окрім того, у складі балкової клітки наявні головні балки крайніх рядів з такими ж прольотами, але у 2 рази меншими кроками.

2.3 Навантаження на перекриття висотних будівель

Для розроблення сортаменту зварних двотаврів, придатного для проектування перекриттів висотних будівель, необхідно встановити межі зміни геометричних характеристик перерізів двотаврів. Для цього необхідно за даними чинних норм проектування [8] визначити найменші та найбільші можливі навантаження на перекриття житлових і громадських будівель, враховуючи при цьому постійне навантаження від власної ваги балок, настилу та підлоги, а також змінне корисне навантаження.

Постійне навантаження на перекриття житлових і громадських будівель створюється власною вагою конструкцій перекриттів. Згідно з рекомендаціями ДБН [11, 15] у якості настилів використовуються монолітні залізобетонні плити, які й створюють основну частину навантаження. Інші шари перекриттів мають набагато меншу вагу, а тому зміна конструкції підлоги чи підвісної стелі мало впливатиме на сумарну величину постійного навантаження. Підрахунок навантаження від власної ваги типового перекриття цивільної будівлі виконано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Постійне навантаження від власної ваги конструкцій перекриття (Па)

Шари перекриття	$p_o = p_e$	γ_{fm}	p_m
Ламінат товщиною 10 мм, $\rho=1200 \text{ кг/м}^3$	120	1,1	132
Армована стяжка з цементно-піщаного розчину товщиною 50 мм, $\rho=2000 \text{ кг/м}^3$	1000	1,3	1300
Жорстка мінераловатна плита товщиною 60 мм, $\rho=200 \text{ кг/м}^3$	120	1,2	144
Залізобетонна плита перекриття товщиною 120 мм, $\rho=2500 \text{ кг/м}^3$	3000	1,1	3300
Підвісна стеля загальною масою 60 кг/м^2	600	1,2	720
Тимчасові перегородки	500	1,3	650
Сталеві балки (4% сумарного навантаження)	210	1,05	220
Усього, кПа:	5,55		6,47

Для наступних розрахунків приймемо заокруглені розрахункові значення постійного навантаження від ваги перекриття: $p_e = 5,6 \text{ кПа}$, $p_m = 6,5 \text{ кПа}$.

Рівномірно розподілені корисні навантаження на перекриття визначаються за ДБН [8] залежно від призначення приміщень і доповнюються наведеними в ДБН [11, 15] даними для окремих специфічних приміщень висотних будівель. Вибрані з цих норм найменші та найбільші можливі значення корисних навантажень наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Рівномірно розподілені корисні навантаження на перекриття (кПа)

Навантаження та призначення приміщень	$q_o = q_e$	γ_{fm}	q_m
Найменше навантаження: спальні приміщення дитячих дошкільних закладів та інтернатів; квартири житлових будинків; житлові кімнати будинків відпочинку і пансіонатів, гуртожитків і готелів; палати лікарень і санаторіїв	1,5	1,3	1,95
Найбільше навантаження: книгосховища, архіви, технічні поверхи висотних будівель	6,0	1,2	7,2

При розрахунку плит і балок перекриття з вантажною площею $A > 9 \text{ м}^2$ ДБН [8] дозволяє знижувати навантаження на перекриття житлових будівель (найменші навантаження з таблиці 2.2) шляхом множення на коефіцієнт сполучення, рівний

$$\psi = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{A/9}}. \quad (2.1)$$

Навантаження на перекриття книгосховищ та архівів (найбільші навантаження з таблиці 2.2) знижувати не дозволяється з огляду на цілком імовірне повне заповнення книжкових стелажів. Ці особливості корисного навантаження необхідно урахувати при встановленні меж зміни геометричних характеристик сортаменту, що розробляється.

Таким чином, подальші розрахунки слід виконувати на такі найменші та найбільші розрахункові значення сумарних навантажень на перекриття:

експлуатаційні – від 7,1 кПа до 11,2 кПа;

граничні – від 8,45 кПа до 13,7 кПа.

2.4 Матеріали для зварних балок перекрить висотних будівель

Вибір сталі для балок перекрить багатоповерхових житлових і громадських будівель здійснюється за вказівками ДБН [17] та додатків А, Г ДБН [17]. Згідно з ДБН [7] висотні будівлі слід віднести до класу відповідальності СС3 (понад 400 людей постійно перебувають на об'єкті та понад 1000 – періодично). Для об'єктів цього класу відповідальності коефіцієнт відповідальності для розрахунків за граничними станами першої групи в усталеній розрахунковій ситуації дорівнює $\gamma_n = 1,25$.

Згідно з пунктом 18 таблиці А.1 ДБН [17], балки перекрить громадських будівель відносяться до категорії А за призначенням і до категорії ІІ за напруженим станом.

За таблицею А.2 ДБН [17] визначимо кількість балів для встановлення групи конструкцій, за якою обирається сталь:

клас відповідальності СС3 – 4 бали;

категорія за призначенням А – 11 балів;

категорія за напруженим станом ІІ – 5 балів;

є розтягувальні напруження від розрахункового навантаження – 7 балів;

відсутній несприятливий вплив зварних з'єднань – 2 бали.

Усього – 29 балів, тому балки перекрить громадських будівель слід віднести до першої групи конструкцій. Рекомендовані класи міцності сталі визначаються за таблицею Г.1, а їх розрахункові опори – за таблицею Г.2 ДБН [17].

В таблиці 2.3 наведені характеристичні та розрахункові опори листового прокату зі сталей тих класів міцності, використання яких дозволяється таблицею Г.1 ДБН [17] для несучих сталевих конструкцій групи 1. В таблицю 2.3, складену за даними таблиці Г.2 ДБН [17], не включені товщини прокату, менші за 6 мм та більші за 50...60 мм, оскільки такі листи неможливо або нераціонально використовувати для виготовлення зварних балок.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						28
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3

Характеристичні та розрахункові опори листового прокату (МПа), який можна використовувати для виготовлення балок перекриття громадських будівель

Клас міцності	Товщина прокату	Характеристичні опори		Розрахункові опори	
		R_{yn}	R_{un}	R_y	R_u
C255	від 4 до 10	245	370	240	360
	понад 10 до 20	245	370	240	360
	понад 20 до 40	235	370	230	360
C285	від 4 до 10	275	390	270	380
	понад 10 до 20	265	380	260	370
C295	до 100	295	430	285	420
C325	понад 10 до 20	325	470	315	460
	понад 20 до 40	305	460	300	450
	понад 40 до 60	285	450	280	440
C345	від 2 до 10	345	490	335	480
	понад 10 до 20	325	470	315	460
	понад 20 до 40	305	460	300	450
C355	від 8 до 50	355	450	350	440
C375	від 2 до 10	375	510	365	500
	понад 10 до 20	355	490	345	480
	понад 20 до 40	335	480	325	470
C390	від 4 до 50	390	540	380	530
C420	від 4 до 16	420	540	410	530
	від 16 до 40	400	530	390	515
	від 40 до 63	390	530	380	515
C440	від 4 до 30	440	590	430	575
	понад 30 до 50	410	570	400	555
C460	від 4 до 16	460	570	445	555
	від 16 до 40	440	560	430	545
	від 40 до 63	430	560	420	545
C490	від 8 до 50	490	590	475	575
C500	від 3 до 50	500	590-770	485	575-750

Великий розкид міцності дасть різні умови місцевої стійкості стиснутої полиці та стінки. Місцева стійкість елементів перерізу, скомпонованого для сталі C255, не буде забезпечена при використанні високоміцних сталей, а перерізи, скомпоновані для високоміцних сталей, матимуть занадто товсті стінки для сталі C255. Тому при компонуванні перерізів краще враховувати умови місцевої стійкості для двох чи трьох груп сталей з різною міцністю.

2.5 Необхідні геометричні характеристики перерізів балок

Для формування сортаменту зварних двотаврів потрібно встановити необхідні межі зміни їх геометричних характеристик, основними з яких є висота й момент опору. Ці характеристики визначені для балок з різними комбінаціями прольоту, кроку та навантаження на перекриття. Визначення геометричних характеристик здійснене у такому порядку:

1. Задаються проліт L і крок B балки з числа перелічених у підрозділі 2.2, а також встановлені в підрозділі 2.3 експлуатаційні g_e та граничні g_m розрахункові значення сумарного погонного навантаження.

2. Обчислюються розрахункові значення згинального моменту за формулами

$$M_e = \frac{g_e B \cdot L^2}{8}, \quad M_m = \frac{g_m B \cdot L^2}{8} \quad (2.2)$$

3. За ДСТУ [21] встановлюється норма жорсткості балки перекриття: $[L/f] = 200$ при $L = 6$ м, $[L/f] = 222$ при $L = 9$ м, $[L/f] = 250$ при $L = 12$ м.

4. Момент опору перерізу, необхідний для забезпечення міцності балки, знаходять за умовою перевірки нормальних напружень:

$$W_n = \frac{\gamma_n M_m}{R_y \gamma_c}, \quad (2.3)$$

де R_y – розрахунковий опір сталі з таблиці 2.3;

γ_c – коефіцієнт умов роботи балки перекриття за ДБН [17].

5. Мінімальна висота балки дорівнює

$$h_{min} = \frac{5 L R_y \gamma_c g_e}{24 E g_m} \left[\frac{L}{f} \right], \quad (2.4)$$

де L – проліт балки;

g_e і g_m – експлуатаційне та граничне розрахункові значення сумарного навантаження на балку;

R_y – "розрахунковий опір сталі з ДБН [17];

γ_c – коефіцієнт умов роботи за ДБН [17];

E – модуль пружності сталі за ДБН", [17].

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

6. Оптимальна висота балки (в мм) визначається за формулою з [37]:

$$h_{opt} = 1,15 \sqrt[3]{\lambda_w W_n} = 11,5 \sqrt[3]{\lambda_w W_n \sqrt{\frac{E}{R_y}}}, \quad (2.5)$$

де $\lambda_w = 3,5$ – умовна гнучкість стінки з поперечними ребрами жорсткості, яка приймається за умов забезпечення її місцевої стійкості згідно з нормами [17].

7. Розрахунки за пунктами 4...6 повторюються для усіх обраних розрахункових опорів сталі.

Розрахунки за викладеним алгоритмом виконані для найменшого можливого граничного розрахункового значення технологічного навантаження на перекриття 1,95 КПа та найбільшого значення 7,20 КПа. Результати цих розрахунків для 14 балок з різними комбінаціями прольоту й кроку наведені в таблицях 2.4 і 2.5.

На рисунку 2.7 зображена залежність між мінімальною та оптимальною висотою проаналізованих балок. З рисунка й таблиць 2.4 і 2.5 видно, що мінімальна висота в основному визначається прольотом балки та розрахунковим опором сталі. З ростом прольоту балки та міцності сталі її мінімальна висота збільшується. Величина погонного навантаження на балку практично не впливає на її мінімальну висоту.

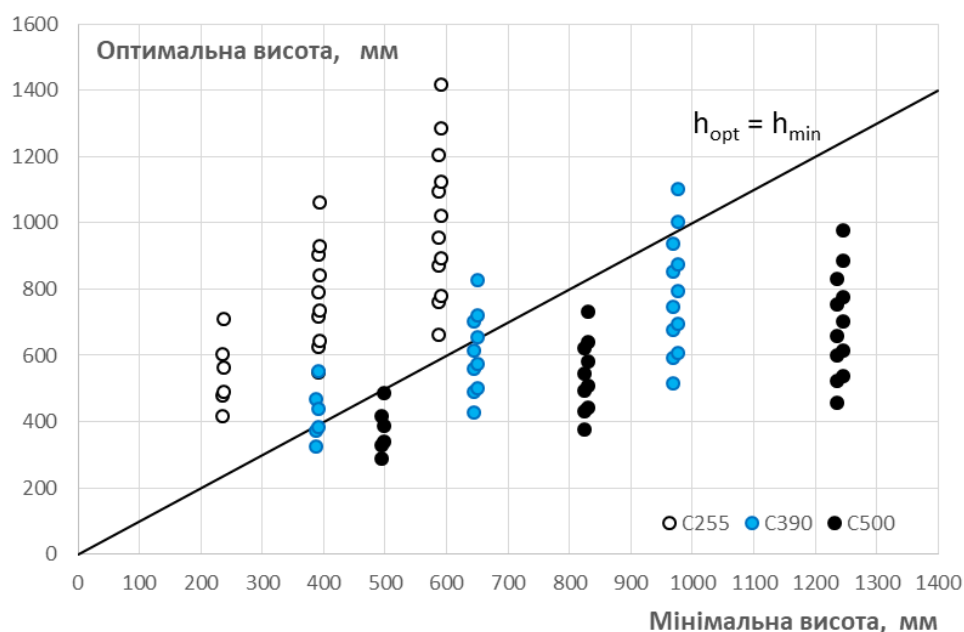


Рис. 2.7 Залежність оптимальної висоти балки від мінімальної

Таблиця 2.4

Необхідні геометричні характеристики балок перекриття при найменшому сумарному навантаженні $g_m = 8,45$ КПа

Найменші корисні навантаження						Ry= 23		C255	Ry= 38		C390	Ry= 48,5		C500
L	B	Me	Mm	[L/f]	I_необх	W_необ	H_min	H_opt	W_необ	H_min	H_opt	W_необ	H_min	H_opt
6	2	63,9	76,1	200	3722	459	235	418	278	387	325	218	495	288
6	3	95,9	114,1	200	5583	689	235	479	417	387	372	327	495	330
6	6	191,7	228,2	200	11167	1378	235	603	834	387	469	653	495	415
9	2	143,8	171,1	222	13945	1033	390	548	625	645	426	490	823	377
9	3	215,7	256,7	222	20917	1550	390	627	938	645	488	735	823	432
9	4,5	323,5	385,0	222	31376	2325	390	718	1407	645	559	1103	823	495
9	6	431,3	513,3	222	41834	3100	390	790	1876	645	615	1470	823	544
9	9	647,0	770,0	222	62752	4650	390	905	2814	645	704	2205	823	623
12	2	255,6	304,2	250	37223	1837	586	664	1112	969	517	871	1236	457
12	3	383,4	456,3	250	55835	2755	586	760	1668	969	591	1307	1236	523
12	4,5	575,1	684,5	250	83752	4133	586	870	2502	969	677	1960	1236	599
12	6	766,8	912,6	250	111670	5511	586	958	3336	969	745	2613	1236	659
12	9	1150,2	1368,9	250	167505	8266	586	1096	5003	969	853	3920	1236	755
12	12	1533,6	1825,2	250	223340	11022	586	1206	6671	969	939	5227	1236	831

Таблиця 2.5

Необхідні геометричні характеристики балок перекриття при найбільшому сумарному навантаженні $g_m = 13,7$ КПа

Найбільші корисні навантаження						Ry= 23		C255	Ry= 38		C390	Ry= 60		C500
L	B	Me	Mm	[L/f]	I_необх	W_необ	H_min	H_opt	W_необ	H_min	H_opt	W_необ	H_min	H_opt
6	2	104,4	123,3	200	6082	745	236	491	451	390	382	353	498	338
6	3	156,6	185,0	200	9122	1117	236	562	676	390	438	530	498	387
6	6	313,2	369,9	200	18245	2234	236	709	1352	390	551	1059	498	488
9	2	234,9	277,4	222	22783	1675	394	644	1014	650	501	794	830	443
9	3	352,4	416,1	222	34175	2513	394	737	1521	650	573	1192	830	508
9	4,5	528,5	624,2	222	51262	3769	394	844	2281	650	656	1788	830	581
9	6	704,7	832,3	222	68349	5026	394	929	3042	650	722	2383	830	639
9	9	1057,1	1248,4	222	102524	7539	394	1063	4563	650	827	3575	830	732
12	2	417,6	493,2	250	60816	2978	591	780	1803	976	607	1412	1246	537
12	3	626,4	739,8	250	91223	4467	591	893	2704	976	695	2119	1246	615
12	4,5	939,6	1109,7	250	136835	6701	591	1022	4056	976	795	3178	1246	704
12	6	1252,8	1479,6	250	182447	8935	591	1125	5408	976	875	4237	1246	775
12	9	1879,2	2219,4	250	273670	13402	591	1288	8112	976	1002	6356	1246	887
12	12	2505,6	2959,2	250	364893	17870	591	1417	10816	976	1103	8474	1246	976

Суцільна лінія на рисунку 2.7 відповідає рівним значенням мінімальної та оптимальної висоти. При використанні сталі С255 оптимальна висота завжди більша за мінімальну, а для балок із сталі С500 – навпаки, оптимальна висота менша від мінімальної. Балки зі сталі С390 займають проміжне значення, тобто залежно від діючого навантаження, оптимальна висота може бути як більшою, так і меншою від мінімальної. Якщо з метою зменшення висоти перекриття перерізи усіх балок проектувати за мінімальною висотою, то при малих розрахункових опорах сталі вони матимуть завищені перерізи.

На рисунку 2.8 зображена залежність необхідного моменту опору від мінімальної висоти балки. З ростом міцності сталі спектр мінімальних висот збільшується, а значення необхідного моменту опору зростають. Сортамент, у якому найбільші моменти опору двотаврів W обмежуватимуться значеннями

$$W \leq 12 \cdot h, \quad (2.6)$$

дозволить для усіх виявлених вище комбінацій прольоту й навантаження підібрати перерізи балок перекриття з висотою, рівною мінімальній висоті. При цьому для частини балок слід буде використати сталі підвищеної міцності. На це вказують точки для балок зі сталі С255, розміщені вище проведеної на рисунку 2.8 лінії розмежування (2.6). Відмітимо, що у формулі (2.6) висота балки виражена в міліметрах, а момент опору – в кубічних сантиметрах.

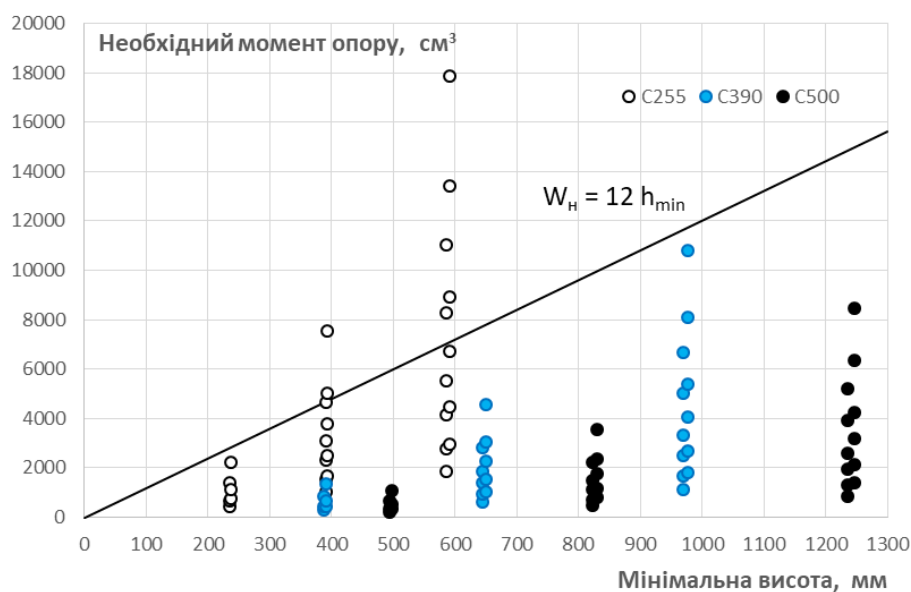


Рис. 2.8 Залежності необхідного моменту опору від мінімальної висоти балки

Проведений аналіз не лише виявив закономірності зміни характеристик перерізів, але й дозволяє сформулювати конкретні вимоги до перерізів зварних двотаврів для перекрить висотних будівель та поставити завдання на розроблення відповідного сортаменту.

2.6 Висновки з розділу

1. Сформульовані загальні вимоги до перекрить висотних будівель та сортаменту зварних сталевих для проектування цих перекрить.

2. Виходячи з можливих конструкцій сталевих каркасів висотних будівель, виявлені можливі схеми балкових кліток нормального типу у перекриттях висотних будівель при сітках колон від 6×6 м до 12×12 м.

3. З урахуванням можливих конструкцій перекрить встановлене граничне розрахункове значення постійного навантаження від їх ваги, рівне 6,5 КПа. Залежно від конкретного призначення приміщень у висотних будівлях (від квартир до архівів та книгосховищ), граничне розрахункове значення корисного технологічного навантаження на перекриття може змінюватися в межах від 1,95 КПа до 7,2 КПа.

4. У зварних балках перекрить висотних будівель, які відносяться до несучих конструкцій першої групи, можна використовувати сталі 13 класів міцності з розрахунковим опором за межею текучості в межах від 230 МПа до 485 МПа.

5. Для 28 балок з різними комбінаціями прольоту й кроку, найбільшого та найменшого можливого граничного розрахункового значення технологічного навантаження на перекриття 1,95 КПа та 7,20 КПа та трьох значень розрахункового опору сталі обчислена мінімальна й оптимальна висота, необхідний момент опору та необхідний момент інерції перерізу.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		35

6. Мінімальна висота перерізу збільшується з ростом прольоту балки та міцності сталі, але мало залежить від діючого навантаження. Оптимальна висота перерізу при збільшенні навантаження зростає. При малих розрахункових опорах сталі оптимальна висота перевищує мінімальну, а з ростом міцності зменшується і для високоміцних сталей стає меншою від мінімальної висоти балки. Отже, балки із сталей з малими розрахунковими опорами слід проектувати за оптимальною висотою, а балки із сталей високої міцності – за мінімальною висотою.

7. Необхідний момент опору перерізу зростає при збільшенні мінімальної висоти балки та зменшується при збільшенні розрахункового опору сталі. Знайдена залежність найбільшого необхідного моменту опору від висоти перерізу, реалізація якої в сортаменті зварних двотаврів дозволить проектувати балки перекрить висотних будівель за мінімальною висотою.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Розділ 3

МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБЛЕННЯ СОРТАМЕНТУ ЗВАРНИХ ДВОТАВРІВ ДЛЯ БАЛОК ПЕРЕКРИТЬ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ

3.1 Вимоги та завдання на розроблення сортаменту зварних двотаврів для балок перекрить висотних будівель

Результати попереднього розділу дозволяють сформулювати вимоги до сортаменту зварних двотаврів для перекрить висотних житлових і громадських будівель за умови проектування балок за мінімальною висотою:

1. Для сортаменту встановлюються 11 модульних значень висоти двотаврів, відповідні їм найменші та найбільші значення ширини полиць, а також найбільші необхідні значення моменту опору, перелічені в таблиці 3.1. Вказана в таблиці найбільша можлива ширина полиць приблизно відповідає компоновці прокатних двотаврів з широкими полицями за ГОСТ [3], а найбільші необхідні моменти опору встановлені за формулою (2.6).

Таблиця 3.1

Необхідні геометричні характеристики перерізів двотаврових балок

h, мм	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
b _{min} , мм	100	100	100	100	120	140	160	180	200	220	240
b _{max} , мм	140	200	260	320	380	450	500	560	600	650	700
W, см ³	2400	3600	4800	6000	7200	8400	9600	10800	12000	13200	14400

2. Найменший для кожної висоти двотавра момент опору визначається мінімально можливими розмірами перерізу. Мінімальні товщини елементів відповідають умов забезпечення їх місцевої стійкості. Найменша ширина полиці приймається рівною 1/5 висоти двотавра, але не меншою за 100 мм.

3. Ширина й товщина полиць обирається за сортаментом широкосмугового листового прокату [5] при товщині в межах 8...50 мм. Товщина стінки встановлюється не більшою за товщину полиці, не меншою за 6 мм з умови корозійної стійкості та не меншою за 1/3 товщини полиці з технологічної умови зварювання поясних швів.

4. Розроблення сортаменту здійснюється з урахуванням вимог ДБН [17] до забезпечення місцевої стійкості стінки та стиснутої полицки при використанні сталей різних класів міцності.

Для вибору груп сталей, характеристики яких слід врахувати при розробленні сортаменту, проаналізуємо умови забезпечення місцевої стійкості стінки та стиснутої полицки. Згідно з пунктом 9.5 ДБН [17], умовна гнучкість стінки двотаврової балки з двосторонніми поясними швами за відсутності місцевого напруження обмежується величиною

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}} \leq 3,5, \quad (3.1)$$

а вільного звису полиці при повному використанні міцності

$$\bar{\lambda}_f = \frac{(b_f - t_w)}{2 \cdot t_f} \sqrt{\frac{R_y}{E}} \leq 0,5, \quad (3.2)$$

де h_w і t_w – висота й товщина стінки;

b_f і t_f – ширина й товщина полиці;

$E = 20600 \text{ кН/см}^2$ – модуль пружності сталі.

З формул (3.1) та (3.2) визначимо мінімально необхідні значення товщини стінки t_w та полиць t_f :

$$t_w \geq \frac{h_w}{3,5} \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad t_f \geq (b_f - t_w) \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (3.3)$$

З формул (3.3) слідує, що збільшення розрахункового опору сталі призводить до зростання товщин полиць та стінки, необхідних для забезпечення місцевої стійкості. Товщина полиці залежить також від її ширини, яка обирається для кожного перерізу індивідуально. Залежність необхідної товщини стінки від розрахункового опору сталі та висоти двотавра отримана за формулою (3.3) й наведена в таблиці 3.2. Враховані значення розрахункового опору охоплюють класи міцності сталей, вказані в таблиці 2.3, які відповідають найменшій товщині листового прокату.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		38

Необхідна товщина стінки з умови забезпечення місцевої стійкості

R_y , МПа	Необхідна товщина стінки (в міліметрах) для балок висотою					
	200 мм	400 мм	600 мм	800 мм	1000 мм	1200 мм
240	2,0	3,9	5,9	7,8	9,8	11,7
260	2,0	4,1	6,1	8,1	10,2	12,2
280	2,1	4,2	6,3	8,4	10,5	12,6
300	2,2	4,4	6,5	8,7	10,9	13,1
320	2,3	4,5	6,8	9,0	11,3	13,5
340	2,3	4,6	7,0	9,3	11,6	13,9
360	2,4	4,8	7,2	9,6	11,9	14,3
380	2,5	4,9	7,4	9,8	12,3	14,7
400	2,5	5,0	7,6	10,1	12,6	15,1
420	2,6	5,2	7,7	10,3	12,9	15,5
440	2,6	5,3	7,9	10,6	13,2	15,8
460	2,7	5,4	8,1	10,8	13,5	16,2
480	2,8	5,5	8,3	11,0	13,8	16,6

З таблиці видно, що при переході від сталі С255 з розрахунковим опором $R_y = 240$ МПа до сталі С500 з розрахунковим опором $R_y = 480$ МПа необхідна товщина стінки зростає в 1,41 разу. Якщо при розробленні сортаменту в запас місцевої стійкості врахувати найвищу міцність сталі, для менш міцних сталей товщина стінки буде завищеною на 41%. Це в свою чергу призведе до завищення товщини полиць і не дозволить скомпонувати тонкостінні перерізи для роботи під невеликими навантаженнями.

З рисунка 2.8 видно, що достатня несуча здатність балок може бути отримана при використанні не найбільш високоміцних сталей. Тому прийняте рішення розробити сортамент зварних двотаврів з урахуванням характеристик сталей з розрахунковим опором до 440 МПа, що відповідає сталям класів міцності С255 – С460. З таблиці 3.2 слідує, що такий підхід обумовить запаси товщини стінки в межах 35%, що не призведе до надмірного переобтяження балок у сортаменті. Розроблений сортамент можна буде використовувати й для проектування балок з більш міцних сталей, але при умові перевірки місцевої стійкості полиць і стінки кожної конкретної балки згідно з вимогами ДБН [17].

3.2 Методика компоновання перерізів зварних двотаврів та її комп'ютерна реалізація

Перерізи зварних двотаврів для балок перекриттів висотних будівель слід компоувати з урахуванням заданої модульної висоти, вимог ДБН [17] до забезпечення місцевої стійкості стінки та стиснутої полиці, а також конструктивних і технологічних вимог. Для мінімізації витрат сталі при проектуванні балок крок зміни площі перерізу повинен бути близьким до 5%.

Для виконання розрахунків в середовищі Microsoft Excel розроблений спеціальний розрахунковий бланк, представлений на рисунку 3.2. Розміри поперечного перерізу зварного двотавра позначені на рисунку 3.1.

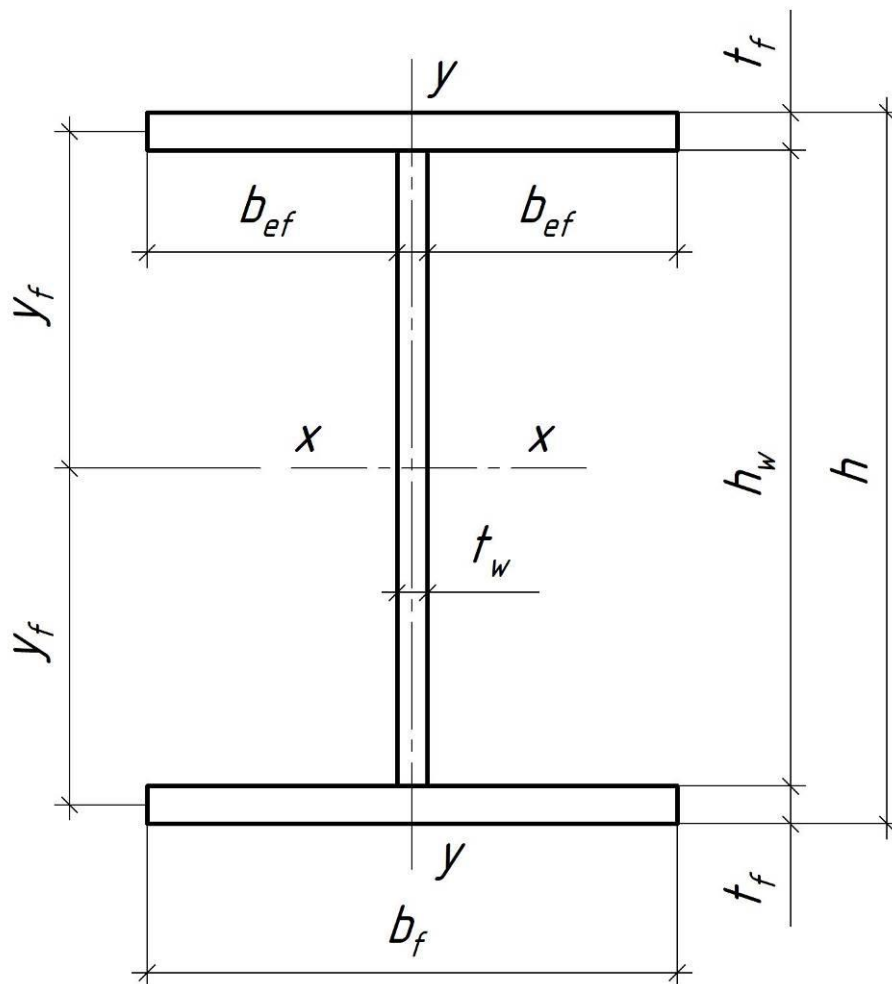


Рис. 3.1 Схема поперечного перерізу зварного двотавра

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
1			ФОРМУВАННЯ СОРТАМЕНТУ ЗВАРНИХ ДВОТАВРІВ для перекритть висотних будівель																				
2			Ry= 44							Допустима гнучкість стінки 3,5				пояса 0,5									
3	Ном	Профіль	h	Прийняті розміри в мм				A см²	Ось X-X				Ось Y-Y			Маса 1 м, кг	Стійкість		t _f /t _w	Δ _A %	Δ _W %		
4	проф			b _f	t _f	h _w	t _w		I _x см⁴	W _x	S _x	i _x см	I _y см⁴	W _y	i _y см		стінка	пояс					
5																							
6	1	ДБ 200х6х100х8	200	100	8	184	6	27,0	1787	179	102	8,13	134	27	2,22	21,2		1,417	0,272	1,333			
7	2	ДБ 200х6х110х8	200	110	8	184	6	28,6	1934	193	110	8,22	178	32	2,49	22,5		1,417	0,300	1,333	5,92	8,26	
8	3	ДБ 200х6х120х8	200	120	8	184	6	30,2	2082	208	118	8,30	231	38	2,76	23,7		1,417	0,329	1,333	5,59	7,63	
9	4	ДБ 200х6х130х8	200	130	8	184	6	31,8	2230	223	125	8,37	293	45	3,03	25,0		1,417	0,358	1,333	5,29	7,09	
10	5	ДБ 200х6х140х8	200	140	8	184	6	33,4	2377	238	133	8,43	366	52	3,31	26,3		1,417	0,387	1,333	5,03	6,62	
11	6	ДБ 200х6х100х9	200	100	9	182	6	28,9	1944	194	111	8,20	150	30	2,28	22,7		1,402	0,241	1,500	-13,52	-18,21	
12	7	ДБ 200х6х110х9	200	110	9	182	6	30,7	2109	211	119	8,28	200	36	2,55	24,1		1,402	0,267	1,500	6,22	8,45	
13	8	ДБ 200х6х120х9	200	120	9	182	6	32,5	2273	227	128	8,36	260	43	2,82	25,5		1,402	0,293	1,500	5,86	7,79	
14	9	ДБ 200х6х130х9	200	130	9	182	6	34,3	2437	244	137	8,43	330	51	3,10	26,9		1,402	0,318	1,500	5,54	7,23	
15	10	ДБ 200х6х140х9	200	140	9	182	6	36,1	2601	260	145	8,49	412	59	3,38	28,4		1,402	0,344	1,500	5,24	6,74	
16	11	ДБ 200х6х100х10	200	100	10	180	6	30,8	2098	210	119	8,25	167	33	2,33	24,2		1,386	0,217	1,667	-14,73	-19,34	
17	12	ДБ 200х6х110х10	200	110	10	180	6	32,8	2279	228	129	8,34	222	40	2,60	25,7		1,386	0,240	1,667	6,49	8,61	
18	13	ДБ 200х6х120х10	200	120	10	180	6	34,8	2460	246	138	8,41	288	48	2,88	27,3		1,386	0,263	1,667	6,10	7,93	
19	14	ДБ 200х6х130х10	200	130	10	180	6	36,8	2640	264	148	8,47	366	56	3,16	28,9		1,386	0,287	1,667	5,75	7,35	
20	15	ДБ 200х6х140х10	200	140	10	180	6	38,8	2821	282	157	8,53	458	65	3,43	30,5		1,386	0,310	1,667	5,43	6,84	
21	16	ДБ 200х6х100х11	200	100	11	178	6	32,7	2249	225	128	8,30	184	37	2,37	25,7		1,371	0,197	1,833	-15,77	-20,28	
22	17	ДБ 200х6х110х11	200	110	11	178	6	34,9	2446	245	138	8,37	244	44	2,65	27,4		1,371	0,218	1,833	6,73	8,75	
23	18	ДБ 200х6х120х11	200	120	11	178	6	37,1	2642	264	149	8,44	317	53	2,92	29,1		1,371	0,239	1,833	6,31	8,04	
24	19	ДБ 200х6х130х11	200	130	11	178	6	39,3	2839	284	159	8,50	403	62	3,20	30,8		1,371	0,260	1,833	5,93	7,44	
25	20	ДБ 200х6х140х11	200	140	11	178	6	41,5	3036	304	169	8,55	503	72	3,48	32,6		1,371	0,281	1,833	5,60	6,93	
26	21	ДБ 200х6х100х12	200	100	12	176	6	34,6	2396	240	136	8,33	200	40	2,41	27,1		1,356	0,181	2,000	-16,68	-21,07	
27	22	ДБ 200х6х110х12	200	110	12	176	6	37,0	2608	261	147	8,40	267	48	2,69	29,0		1,356	0,200	2,000	6,94	8,86	
28	23	ДБ 200х6х120х12	200	120	12	176	6	39,4	2821	282	159	8,47	346	58	2,96	30,9		1,356	0,220	2,000	6,49	8,14	
29	24	ДБ 200х6х130х12	200	130	12	176	6	41,8	3033	303	170	8,52	440	68	3,24	32,8		1,356	0,239	2,000	6,10	7,53	
30	25	ДБ 200х6х140х12	200	140	12	176	6	44,2	3246	325	181	8,57	549	78	3,53	34,7		1,356	0,258	2,000	5,75	7,00	
31	26	ДБ 200х6х100х14	200	100	14	172	6	38,3	2681	268	152	8,36	234	47	2,47	30,1		1,325	0,155	2,333	-13,22	-17,40	
32	27	ДБ 200х6х110х14	200	110	14	172	6	41,1	2923	292	165	8,43	311	57	2,75	32,3		1,325	0,172	2,333	7,31	9,05	

Рис. 3.2 Розрахунковий бланк для розроблення сортаменту

У верхній частині розрахункового бланка наведені загальні для усього аркуша вихідні дані в таких комірках:

D2 – розрахунковий опір сталі в кН/см^2 ;

N2 – гранично допустиме значення умовної гнучкості стінки;

P2 – гранично допустиме значення умовної гнучкості полиці.

В рядках 3 і 4 наведені позначення вихідних даних та результатів розрахунку. Рядки, починаючи з шостого, містять вихідні дані та результати розрахунків для кожного з утворених двотаврів. Комірки розрахункових рядків містять дані для кожного з перерізів у таких стовпцях:

A - Порядковий номер перерізу;

B - Позначення профілю двотавра;

C - Висота двотавра у мм;

D - Ширина полиці двотавра у мм;

E - Товщина полиці двотавра у мм;

F – Висота стінки двотавра у мм;

G - Товщина стінки двотавра у мм;

H - Площа поперечного перерізу двотавра в см^2 ;

I - Момент інерції I_x відносно осі X, см^4 ;

J - Момент опору W_x відносно осі X, см^3 ;

K - Статичний момент S_x половини перерізу відносно осі X, см^3 ;

L - Радіус інерції i_x відносно осі X, см;

M - Момент інерції I_y відносно осі Y, см^4 ;

N - Момент опору W_y відносно осі Y, см^3 ;

O - Радіус інерції i_y відносно осі Y, см.

P - Погонна маса двотавра у кг/м ;

R - Умовна гнучкість стінки;

S - Умовна гнучкість звису полиці;

T - Відношення товщини полиці до товщини стінки\$

U - Приріст площі перерізу у відсотках;

V - Приріст моменту опору W_x у відсотках.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Комірки стовпців А, С...G містять вихідні дані, які необхідно вводити вручну. В усіх інших комірках розрахунки виконуються автоматично за формулами, наведеними нижче. Формули в розрахункових рядках записані таким чином, що вони можуть коректно копіюватися в наступні рядки таблиці на необхідну кількість профілів сортаменту.

Формування профілів сортаменту здійснюється шляхом перебору всіх допустимих комбінацій ширини й товщини полиць та можливих значень товщини стінки. Розміри листового прокату, який використовувався при формуванні сортаменту, наведені в таблиці 3.3 за даними стандартів [5, 20]. Для полиць можна використати 36 значень ширини в межах 100...700 мм та 18 значень товщини листового прокату в межах 8...50 мм. Товщина стінки може приймати 20 значень в межах 6...50 мм, а її висота визначається як різниця модульної висоти двотавра та прийнятої товщини двох полиць.

Таблиця 3.3

Розміри листового прокату для зварних двотаврів

Ширина листа	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
	200	210	220	240	250	260	280	300	320	340
	360	380	400	420	450	460	480	500	520	530
	560	600	630	650	670	700				
Товщина листа	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18
	20	22	25	28	30	32	36	40	45	50

Формування сортаменту зварних двотаврів у середовищі зображеного на рисунку 3.2 розрахункового бланка виконується за групами профілів з близькими розмірами в такому порядку:

1. Вводяться загальні вихідні дані в рядок 2.
2. У стовпчик С вводиться висота двотавра з таблиці 3.1 і дублюється на необхідну кількість рядків.
3. У стовпчик D вводяться значення ширини полиці з таблиці 3.3 в межах, встановлених таблицею 3.1 для обраної висоти двотавра.

4. У стовпчик Е вводиться чергове значення товщини полиці з таблиці 3.3 і дублюється на необхідну кількість рядків до вичерпання переліку введених значень ширини полиці.

5. У стовпчику F обчислюються значення висоти стінки за формулою

$$h_w = H - 2 \cdot t_f. \quad (3.4)$$

6. У стовпчик G вводиться значення товщини стінки з таблиці 3.3, мінімально необхідне для виконання двох умов: забезпечення місцевої стійкості та відношення товщини полиці до товщини стінки в межах:

$$1 \leq \frac{t_f}{t_w} \leq 3. \quad (3.5)$$

і дублюється в наступні рядки до вичерпання переліку введених значень ширини і товщини полиці.

7. З урахуванням введених розмірів перерізу в стовпчику Т автоматично обчислюється відношення (3.5), а в стовпчиках R і S – значення умовної гнучкості стінки й полиці

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad \bar{\lambda}_f = \frac{(b_f - t_w)}{t_f} \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (3.6)$$

які порівнюються з гранично допустимими з рядка 2.

8. Якщо умови (3.5) чи (3.6) не виконуються, результати обчислень у стовпчиках R, S, Т виділяються червоним кольором. У цьому випадку необхідно збільшити товщину стінки, вибравши нове значення з таблиці 3.3. Якщо товщина стінки перевищує товщину полиці, збільшується товщина полиці для усіх введених значень її ширини. Профілі з нестійкими полицями видаляються з сортаменту, зменшуючи список значень ширини полиці при заданій товщині.

9. У стовпці В автоматично формується позначення профілю двотавра за схемою: ДБ $h \times t_w \times b_f \times t_f$. Букви ДБ позначають двотавр балковий, а числа повністю задають усі розміри поперечного перерізу.

10. Автоматично виконуються обчислення геометричних характеристики скомпанованого перерізу за відомими точними формулами опору матеріалів [39], які враховують моменти інерції плоских елементів малої висоти (власні моменти інерції полиць при розрахунку відносно осі X та власний момент інерції стінки при розрахунку відносно осі Y). Результати обчислень заносяться в комірки таких стовпців:

H – Площа поперечного перерізу двотавра

$$A = (h_w \cdot t_w + 2 \cdot b_f \cdot t_f) / 100 \quad (3.7)$$

I – Момент інерції I_x відносно осі X

$$I_x = \left[\frac{t_w \cdot h_w^3}{12} + \frac{2 \cdot b_f \cdot t_f^3}{12} + 2 \cdot b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2} \right)^2 \right] / 10000 \quad (3.8)$$

J – Момент опору W_x відносно осі X

$$W_x = \frac{20 \cdot I_x}{H} \quad (3.9)$$

L – Радіус інерції i_x відносно осі X

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad (3.10)$$

M – Момент інерції I_y відносно осі Y

$$I_y = \left(\frac{2 \cdot t_f \cdot b_f^3}{12} + \frac{h_w \cdot t_w^3}{12} \right) / 10000 \quad (3.11)$$

N – Момент опору W_y відносно осі Y

$$W_y = \frac{20 \cdot I_y}{b_f} \quad (3.12)$$

J – Радіус інерції i_y відносно осі Y

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (3.13)$$

P – Погонна маса двотавра у кг/м

$$g = 0,785 A. \quad (3.14)$$

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		45

Числові коефіцієнти в наведених формулах (10, 100, 1000 та 10000) забезпечують перетворення в сантиметри розмірів перерізу, які для зручності роботи в розрахунковому бланку задаються в міліметрах.

11. Здійснюється перехід до пункту 3 і повторюються наступні операції для формування групи профілів з наступним значенням товщини полиці до вичерпання усіх можливих товщин, вказаних в таблиці 3.3.
12. Здійснюється перехід до пункту 2 і повторюються наступні операції для формування групи профілів з наступним значенням висоти двотавра до вичерпання усіх можливих висот, вказаних в таблиці 3.1.

Досвід практичного використання показав, що описаний алгоритм розрахунку та його реалізація в середовищі Microsoft Excel дозволяють сформувати сортамент зварних двотаврів відповідно до поставлених вимог.

Результати формування сортаменту двотаврів висотою 200 мм частково відображені на рисунку 3.2. Групи по 5 рядків охоплюють усі рекомендовані в таблицях 3.1 і 3.3 значення ширини полиці: 100, 110, 120, 130 і 140 мм. Для першої групи в рядках 6...10 прийнята товщина полиці 8 мм, для другої групи з рядків 11...15 товщина полиці прийнята рівною 9 мм і так далі. Товщина стінки в усіх випадках, показаних на рисунку 3.2, дорівнює 6 мм, що задовольняє вимогу до місцевої стійкості та перевищує $1/3$ товщини полиці. Збільшення товщини полиць призводить до необхідності збільшення товщини стінки при значних запасах місцевої стійкості.

3.3 Результати розроблення сортаментів зварних двотаврів модульної висоти для балок перекрить висотних будівель

Сортамент зварних двотаврів для перекрить висотних будівель розроблено за описаною вище методикою в середовищі розрахункового бланку Microsoft Excel з урахуванням вимог, сформульованих у підрозділі 3.1. Результати формування сортаменту узагальнені в таблиці 3.4, де вказані межі зміни усіх характеристик для кожної висоти балок.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						46
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4

Межі зміни характеристик перерізів початково розробленого сортаменту

Висота кільк.	Пока- зники	Розміри перерізу				А см ²	Характеристики по осі Х-Х				По осі Y-Y			Маса кг/м	$\bar{\lambda}_w$	$\bar{\lambda}_f$	t_f/t_w	Δ_A %	Δ_w %
		b_f	t_f	h_w	t_w		I_x см ⁴	W_x	S_x	i_x см	I_y см ⁴	W_y	i_y см						
h=200	Мін	100	8	100	6	27,0	1787	179	102	7,12	134	27	2,22	21,2	0,257	0,038	1,333	5,03	6,62
N=90	Макс	140	50	184	18	158,0	8317	832	548	8,59	2292	327	3,81	124,0	1,417	0,387	3,000	8,47	9,75
h=300	Мін	100	8	200	6	33,0	4557	304	177	11,19	134	27	2,01	25,9	0,514	0,038	1,333	3,52	4,56
N=195	Макс	200	50	284	18	236,0	32867	2191	1340	13,18	6676	668	5,32	185,3	2,188	0,498	3,000	7,35	9,30
h=400	Мін	100	8	300	6	39,0	8979	449	267	15,05	134	27	1,85	30,6	0,770	0,038	1,333	2,91	3,58
N=270	Макс	260	50	384	18	314,0	84217	4211	2478	17,80	14661	1128	6,83	246,5	2,958	0,498	3,000	7,30	8,84
h=500	Мін	100	8	400	7	49,9	16297	652	402	18,08	135	27	1,64	39,2	1,027	0,038	1,143	2,57	3,40
N=309	Макс	320	50	484	18	392,0	172267	6891	3960	22,27	27326	1708	8,35	307,7	3,196	0,500	3,000	6,86	8,41
h=600	Мін	120	8	500	8	65,9	30102	1003	625	21,37	233	39	1,88	51,7	1,284	0,047	1,000	1,13	1,57
N=311	Макс	380	50	584	18	470,0	306917	10231	5788	26,72	45751	2408	9,89	369,0	3,374	0,497	3,000	6,49	8,17
h=700	Мін	140	10	600	10	96,0	59532	1701	1061	24,90	463	66	2,20	75,4	1,541	0,056	1,000	1,82	2,94
N=288	Макс	450	50	680	18	558,0	508650	14533	8123	31,20	75967	3376	11,70	438,0	3,143	0,485	3,000	6,16	7,98
h=800	Мін	160	11	700	11	120,8	97952	2449	1527	28,48	760	95	2,51	94,8	1,797	0,066	1,000	1,56	1,96
N=276	Макс	500	50	778	18	626,0	755617	18890	10478	35,62	104201	4168	12,95	491,4	3,269	0,499	3,000	5,86	7,80
h=900	Мін	180	12	800	12	148,3	152390	3386	2110	32,05	1179	131	2,82	116,4	2,054	0,075	1,000	1,38	1,71
N=263	Макс	560	50	876	18	704,0	1089467	24210	13340	40,14	146386	5228	14,48	552,6	3,374	0,498	3,000	5,59	7,63
h=1000	Мін	200	14	900	14	192,1	243255	4865	3034	35,59	1889	189	3,14	150,8	2,311	0,084	1,000	1,27	1,66
N=237	Макс	600	50	972	18	762,0	1464350	29287	16073	44,35	180044	6001	15,38	598,2	3,209	0,500	2,857	5,55	7,45
h=1100	Мін	220	16	1000	16	241	369250	6714	4189	39,12	2876	261	3,45	189	2,568	0,093	1,000	1,17	1,60
N=217	Макс	650	50	1068	18	830	1942917	35326	19313	48,64	228903	7043	16,61	652	3,085	0,497	2,813	5,41	7,29
h=1200	Мін	240	16	1100	16	263,7	481628	8027	5002	42,74	3726	311	3,76	207,0	2,824	0,103	1,000	1,13	1,57
N=215	Макс	700	50	1168	18	898,0	2515483	41925	22848	53,19	285887	8168	17,85	704,9	3,374	0,497	2,813	5,28	6,45
Для усього сортаменту з N=2671 профілю при висоті двотавра h=200...1200 мм																			
	Мін	100	8	100	6	27,0	1787	179	102	7,12	134	27	1,64	21	0,257	0,038	1,000	1,13	1,57
	Макс	700	50	1168	18	898,0	2515483	41925	22848	53,19	285887	8168	17,85	705	3,374	0,500	3,000	8,47	9,75

Аналіз таблиці 3.4 дозволяє зробити такі висновки:

- Формування сортаменту виконане для 11 груп профілів з заданою модульною висотою 200, 300, ..., 1100, 1200 мм.
- Полиці всіх двотаврів виконані з листового прокату стандартних розмірів, вказаних в таблиці 3.3, при товщині 8...50 мм та стандартній ширині в межах, рекомендованих таблицею 3.1. Стінки виконуються з листової сталі стандартної товщини, а їх висота визначається прийнятою висотою двотавра та товщиною полиць.
- У процесі формування профілів сортаменту встановлено, що окрім рекомендацій таблиці 3.1, ширина полиць обмежується прийнятою їх товщиною та умовою місцевої стійкості. Товщина стінки обмежується умовою місцевої стійкості та вказаним вище конструктивним відношенням товщин полиці та стінки.
- Для кожної з груп двотаврів однакової висоти сформовано від 90 до 311 профілів, які відповідають вимогам ДБН [17] до місцевої стійкості стінки та стиснутої полиці, а також конструктивним та технологічним вимогам до зварних двотаврів. Загальна кількість склала 2671 профіль.
- Як розміри перерізів, так і їх геометричні характеристики змінюються в достатньо широких межах, що дозволить використовувати розроблений сортамент при проектуванні перекрить цивільних будівель.
- Кількість сформованих профілів є надмірно великою для практичного використання, а наведені в останніх стовпцях таблиці 3.4 невеликі відсотки зміни площ перерізу Δ_A та моментів опору Δ_W вказують на можливість зменшення кількості профілів.

З метою забезпечення практичної придатності розробленого сортаменту для проектування балок зменшена кількість профілів для кожної з 11-ти груп, що відповідають встановленим висотам перерізу двотаврів. Для цього виконана така послідовність дій:

- в межах кожної висоти отримані профілі відсортовані за зростанням площі поперечного перерізу;

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		48

- з наявного переліку сформованих перерізів видалена більша частина результатів таким чином, щоб крок зміни площі становив 3...7%;
- при можливості вибору, який двох суміжних профілів залишити в сортаменті, по враховувалася пропорційність розмірів перерізу (видалялися профілі з надто вузькими чи надто широкими полицями, а також профілі з надмірно великою товщиною полиць);
- для забезпечення достатнього простору для автоматичного зварювання поясних швів при висоті двотавра 200 мм прийняті полиці товщиною 8...30 мм, при висоті двотавра 300 мм використовувалися полиці товщиною до 40 мм, а при інших висотах товщина полиць не перевищувала 50 мм.

Отримані в результаті такого відбору сортаменти зварних двотаврів наведені в додатку А. Межі зміни характеристик редагованого сортаменту наведені в таблиці 3.5, аналогічній таблиці 3.4 з характеристиками початково сформованого сортаменту.

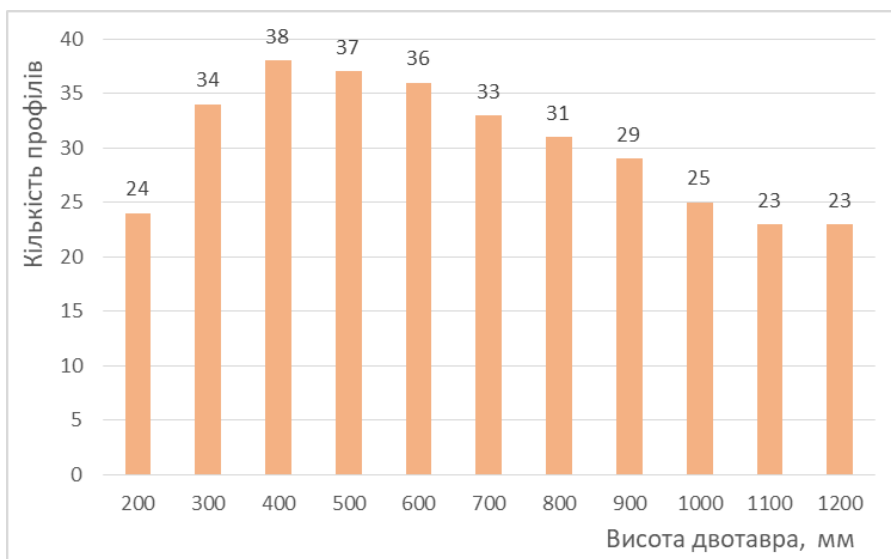


Рис. 3.3 Кількість профілів різної висоти в розробленому сортаменті

З таблиці та з побудованого за її даними рисунка 3.3 видно, що кількість профілів різної висоти змінюється від 23 до 38. Найбільшими є кількості профілів висотою 300...900 мм, які повинні найчастіше використовуватися при проектуванні перекрить. Загальний обсяг сортаменту становить 333 профілі. Прирости площі перерізу в межах однієї висоти змінюються від 3,2% до 7,1%.

Таблиця 3.5

Межі зміни характеристик перерізів відредагованого сортаменту

Висота кільк.	Пока- зники	Розміри перерізу				A см ²	Характеристики по осі X-X				По осі Y-Y			Маса кг/м	Δ_A %	Δ_W %
		b_f	t_f	h_w	t_w		I_x см ⁴	W_x	S_x	i_x см	I_y см ⁴	W_y	i_y см			
h=200	Мін	100	8	140	6	27,0	1787	179	102	7,93	134	27	2,22	21,2	3,21	-7,64
N=24	Макс	140	30	184	10	92,0	5923	592	356	8,58	1144	169	3,70	72,2	6,81	16,49
h=300	Мін	100	8	220	6	33,0	4557	304	177	11,74	134	27	2,01	25,9	4,41	-6,29
N=34	Макс	190	40	284	14	174,8	25770	1718	1021	13,02	3893	433	4,92	137,2	5,86	8,26
h=400	Мін	100	8	300	6	39,0	8979	449	267	15,17	134	27	1,85	30,6	3,39	-15,16
N=38	Макс	260	50	384	18	314,0	84217	4211	2478	17,67	14661	1128	6,83	246,5	7,06	23,15
h=500	Мін	100	8	400	7	49,9	16297	652	402	18,08	135	27	1,64	39,2	3,73	-6,86
N=37	Макс	320	50	484	18	392,0	172267	6891	3960	21,92	27326	1708	8,35	307,7	6,68	20,05
h=600	Мін	120	8	500	8	65,9	30102	1003	625	21,37	233	39	1,88	51,7	4,44	-11,73
N=36	Макс	380	50	584	18	470,0	306917	10231	5788	26,63	45751	2408	9,87	369,0	6,56	19,57
h=700	Мін	140	10	600	10	96,0	59532	1701	1061	24,90	463	66	2,20	75,4	4,67	-3,71
N=33	Макс	450	50	680	18	558,0	508650	14533	8123	30,73	75967	3376	11,67	438,0	6,85	28,45
h=800	Мін	160	11	700	11	120,8	97952	2449	1527	28,48	760	95	2,51	94,8	3,30	-3,60
N=31	Макс	500	50	778	18	626,0	755617	18890	10478	35,45	104201	4168	12,90	491,4	6,71	21,70
h=900	Мін	180	12	800	12	148,3	152390	3386	2110	32,05	1179	131	2,82	116,4	4,45	-6,04
N=29	Макс	560	50	876	18	704,0	1089467	24210	13340	39,84	146386	5228	14,42	552,6	6,67	22,06
h=1000	Мін	200	14	900	14	192,1	243255	4865	3034	35,59	1889	189	3,14	150,8	5,28	-0,98
N=25	Макс	600	50	972	18	762,0	1464350	29287	16073	44,09	180044	6001	15,37	598,2	6,61	16,97
h=1100	Мін	220	16	1000	16	241	369250	6714	4189	39,12	2876	261	3,45	189	5,16	0,78
N=23	Макс	650	50	1068	18	830	1942917	35326	19313	48,38	228903	7043	16,61	652	6,41	13,59
h=1200	Мін	240	16	1100	16	263,7	481628	8027	5002	42,74	3726	311	3,76	207,0	4,75	2,84
N=23	Макс	700	50	1168	18	898,0	2515483	41925	22848	53,19	285887	8168	17,85	704,9	6,40	10,82
Для усього сортаменту з N=333 профілі при висоті двотавра h=200...1200 мм																
	Мін	100	8	140	6	27,0	1787	179	102	7,93	134	27	1,64	21,2	3,21	-15,16
	Макс	700	50	1168	18	898,0	2515483	41925	22848	53,19	285887	8168	17,85	704,9	7,06	28,45

3.4 Аналіз характеристик розробленого сортаменту

Основними геометричними характеристиками поперечних перерізів балок є момент опору, який визначає несучу здатність за критерієм міцності, та площа перерізу, яка визначає витрати сталі на балку. Нижче виконано аналіз цих характеристик у розробленому сортаменті зварних балкових двотаврів, який містить 333 профілі висотою від 200 мм до 1200 мм. Межі зміни та середні для двотаврів однієї висоти значення площ перерізів і моментів опору наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Статистичні характеристики площ перерізу та моментів опору
двотаврів різної висоти

Висота профілів	Кількість профілів	Площі перерізу, см ²			Моменти опору, см ³		
		Мін	Макс	Сер	Мін	Макс	Сер
200	24	27,0	92,0	53,3	179	592	369
300	34	33,0	174,8	103,8	304	1718	1077
400	38	39,0	314,0	132,9	449	4211	1831
500	37	49,9	392,0	222,4	1965	6891	4031
600	36	65,9	470,0	212,8	1003	10231	4457
700	33	96,0	558,0	323,6	1701	14533	8073
800	31	120,8	626,0	313,0	2449	18890	8944
900	29	148,3	704,0	364,8	5352	24210	13325
1000	25	192,1	762,0	422,9	4865	29287	15135
1100	23	241,3	830,0	482,0	6714	35326	18725
1200	23	263,7	898,0	521,4	8027	41925	22244

За даними таблиці на рисунках 3.4 і 3.5 побудовані діаграми, які відображають межі зміни та середні значення площ перерізів і моментів опору залежно від висоти двотавра. Як видно з рисунка 3.4, мінімальні, максимальні та середні площі перерізу лінійно зростають при збільшенні висоти двотавра. Разом з тим збільшується також абсолютний розмах зміни площ. Відносний розмах, рівний відношенню максимальної площі перерізу до мінімальної, приймає значення від 3,4 до 8,0. Найменші відносні розмахи площ зазвичай спостерігаються при найменших та найбільших висотах двотаврів.

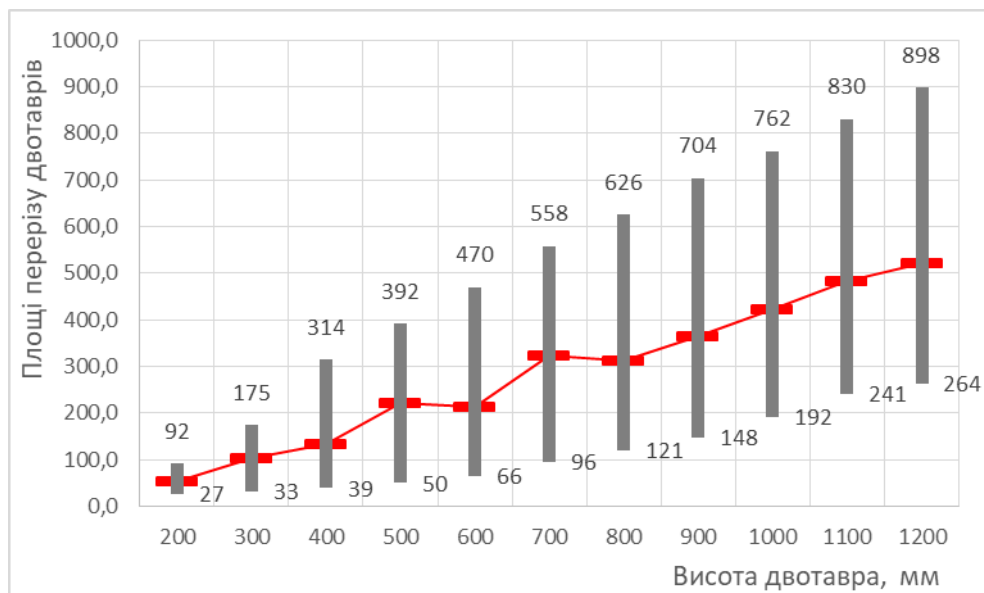


Рис. 3.4 Діапазони зміни площ поперечних перерізів двотаврів різної висоти

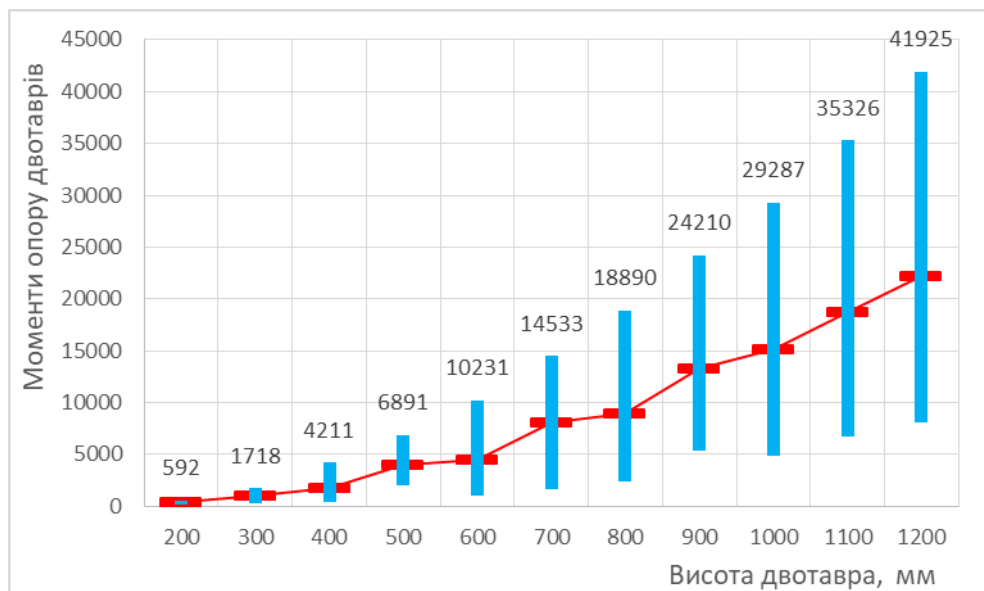


Рис. 3.5 Діапазони зміни моментів опору двотаврів різної висоти

Рисунок 3.5, аналогічний рисунку 3.4, відображає зміни моментів опору перерізів залежно від висоти двотаврів. Зростання моментів опору при збільшенні висоти перерізу має нелінійний характер. Абсолютний розмах зміни моментів опору також нелінійно зростає з ростом висоти двотавра, а відносний коливається в межах від 3,3 до 10,2. З рисунка 3.5 видно, що розроблений сортамент дозволяє вибрати профілі з необхідним моментом опору при декількох різних висотах двотаврів.

На графіку з рисунка 3.6 виконане порівняння найбільших моментів опору двотаврів з розробленого сортаменту зі значеннями, рекомендованими формулою (2.6) для забезпечення можливості проектування балок перекриття при усіх можливих прольотах і навантаженнях. З рисунка видно, що при висотах двотаврів 200, 300 і 400 мм реально отримані значення моментів опору є дещо меншими від рекомендованих. При більших висотах двотаврів фактично отримані моменти опору істотно перевищують рекомендовані значення. При висоті перерізу 1200 мм реалізовано перевищення майже у три рази. Цілком вірогідно, що такі профілі не будуть використовуватися при проектуванні балок перекриття висотних будівель. Вигідніше буде використати профілі меншої висоти, які матимуть цілком достатні моменти опору.

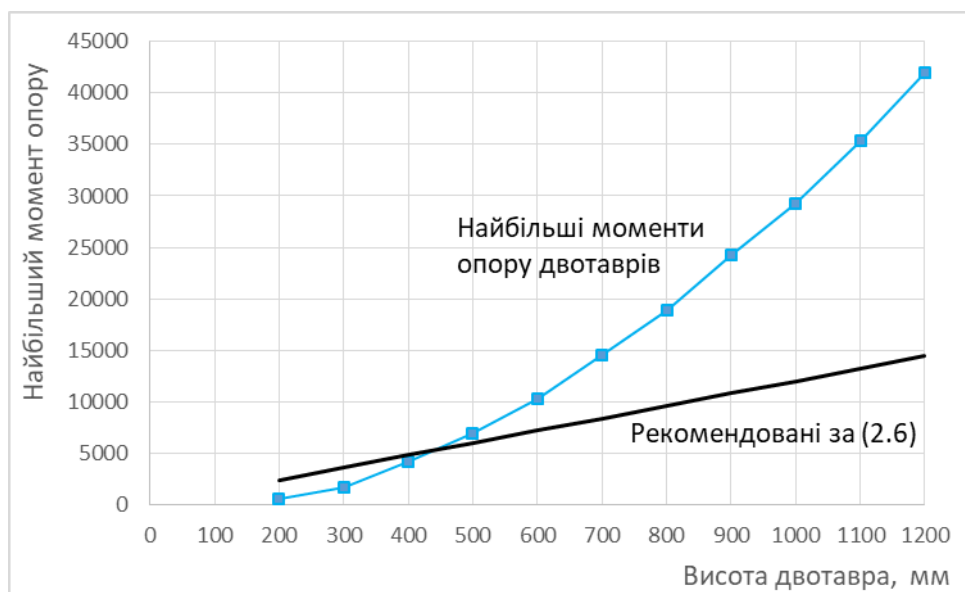


Рис. 3.6 Найбільші моменти опору двотаврів різної висоти

Важливим параметром любого сортаменту є крок зміни геометричних характеристик поперечних перерізів. У випадку сортаменту балкових профілів крок зміни моментів опору визначає імовірні запаси міцності при підборі перерізів балок, а крок зміни площ перерізів – перевитрати сталі на запроектовані балки. Відсотки приросту площ перерізів та моментів опору підраховані в межах кожної з висот двотаврів з розробленого сортаменту. За

результатами підрахунків сформована таблиця 3.7, у якій для кожної висоти перерізу двотавра наведені мінімальні, максимальні та середні значення відсотків приросту площі й моменту опору. За даними таблиці 3.7 побудовані діаграми на рисунках 3.7 і 3.8, які відображають межі зміни приростів площі перерізу та моменту опору двотаврових профілів з розробленого сортаменту залежно від висоти двотавра.

Таблиця 3.7

Статистичні характеристики відсотків приросту площ перерізу
та моментів опору двотаврів різної висоти

Висота профілів	Кількість профілів	Відсотки приросту площ перерізу			Відсотки приросту моментів опору		
		Мін	Макс	Сер	Мін	Макс	Сер
300	24	4,41	5,86	5,12	0,38	8,26	4,77
400	34	3,39	7,06	5,80	0,22	18,98	6,32
500	38	5,20	6,68	5,85	0,04	11,85	5,72
600	37	4,44	6,56	5,77	0,91	16,67	6,91
700	36	4,67	6,85	5,55	0,31	28,45	6,16
800	33	3,30	6,71	5,64	0,97	21,70	7,11
900	31	4,45	6,67	5,75	0,46	22,06	6,94
1000	29	5,28	6,61	5,91	0,99	16,97	7,83
1100	25	5,16	6,41	5,78	0,78	13,59	7,89
1200	23	4,75	6,40	5,73	2,84	10,82	7,82

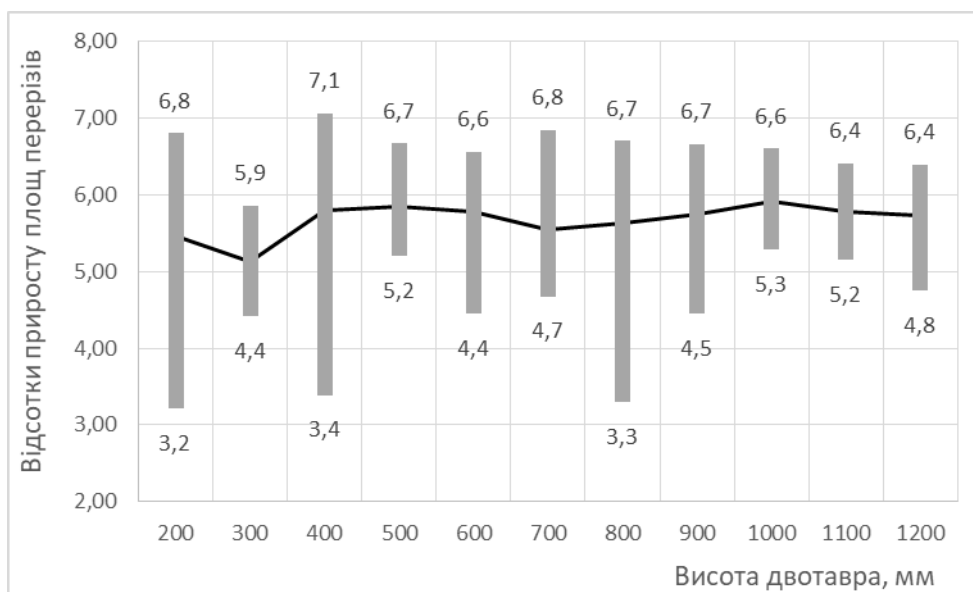


Рис. 3.7 Відсотки приросту площ поперечного перерізу двотаврів

З рисунка 3.7 видно, що відсотки приросту площ перерізу дещо хаотично змінюються залежно від висоти двотавра, але в середньому становлять 5,1...5,9%, дещо зростаючи від менших профілів до вищих двотаврів. Наведена на рисунку 3.8 гістограма розподілу показує, що для більшої частини суміжних профілів відсотки приросту площ перерізів змінюються від 4,8% до 6,8%. В шести випадках реалізуються прирости площі, менші за 4,4%.

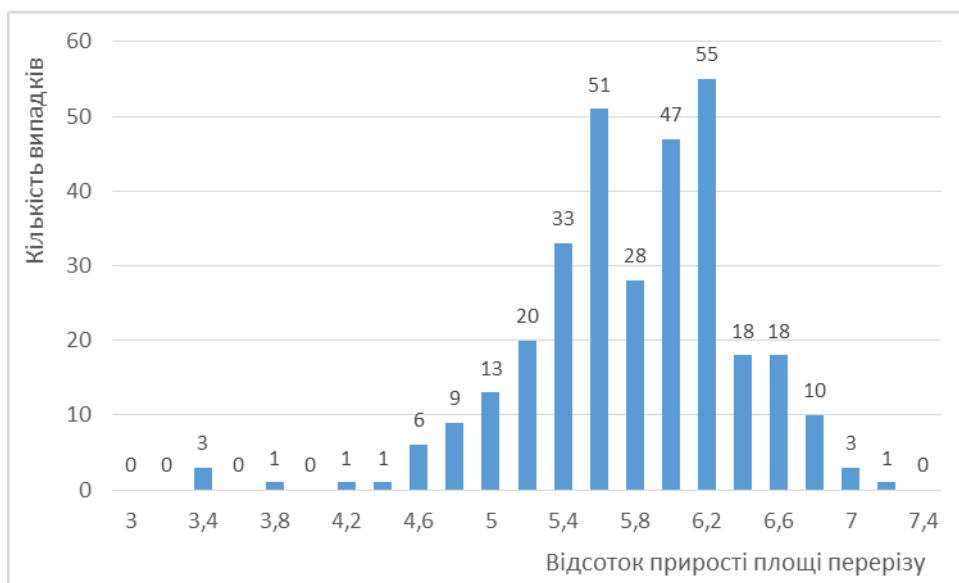


Рис. 3.8 Гістограма розподілу відсотків приросту площ перерізу

Відсотки приросту моментів опору проаналізовані таким же чином, як і прирости площ перерізу. З рисунка 3.9 видно, що середні відсотки приросту моментів опору так само, як і відсотки приросту площі, неістотно зростають у напрямку від нижчих до вищих двотаврів, змінюючись в межах від 5,2% до 6,3%. Показані на рисунку 3.8 відсотки приросту, що перевищують 20% є поодинокими випадками, які обумовлені особливостями формування сортаменту двотаврів з полицями з листового прокату стандартних розмірів. Це добре видно з гістограми розподілу, зображеної на рисунку 3.10. Переважна більшість приростів не перевищують 12% і лише у дев'яти випадках з 318 бувають більшими, сягаючи 28,4%.

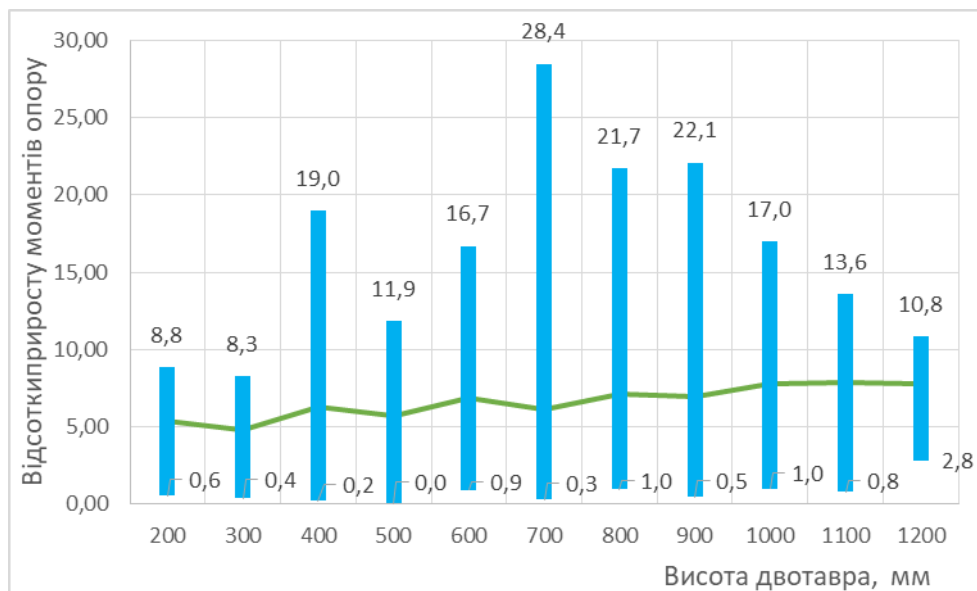


Рис. 3.9 Відсотки приросту моментів опору двотаврів

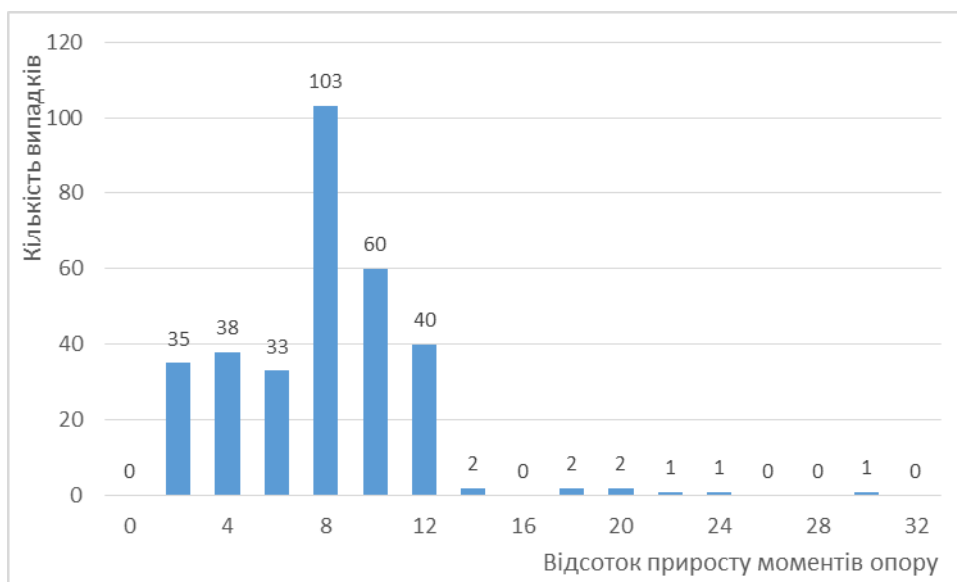


Рис. 3.10 Гістограма розподілу відсотків приросту моментів опору

Загалом виконаний аналіз вказує на досить повне та рівномірне охоплення необхідних областей зміни геометричних характеристик перерізів розробленого сортаменту зварних двотаврів, необхідних для проектування балок перекриття висотних будівель.

3.5 Висновки з розділу

1. За результатами виконаного у попередньому розділі аналізу навантажень на перекриття та визначення необхідних характеристик перерізів балок сформульовані технічні вимоги до сортаменту зварних двотаврів, призначених для використання в перекриттях висотних будівель.

2. Розроблена методика та в середовищі Microsoft Excel реалізовані обчислення, які забезпечують формування двотаврових перерізів зварних балок модульної висоти з універсального широкосмугового прокату стандартних розмірів при умові виконання необхідних конструктивних вимог і забезпечення місцевої стійкості полиць та стінки.

3. За розробленою методикою сформовано сортамент з 2671 зварних двотаврів висотою 200, 300, ..., 1100, 1200 мм при усіх допустимих комбінаціях ширини й товщини полиць та товщини стінки. Близькість характеристик багатьох профілів дозволили видалити більшість з них таким чином, щоб крок зміни площі перерізу залишених становив 5...6%.

4. Остаточна версія сортаменту містить 333 зварних двотаври, при чому кількість профілів різної висоти змінюється від 23 до 38. Найбільшими є кількості профілів висотою 300...900 мм, які найчастіше використовуються при проектуванні перекрить.

5. З ростом висоти двотаврів систематично зростають площі їх перерізу та моменти опору. Моменти опору двотаврів висотою 200, 300 і 400 мм отримані дещо меншими від необхідних для проектування балок перекрить, а при більших висотах двотаврів фактично отримані моменти опору істотно перевищують рекомендовані значення.

6. За результатами аналізу розробленого сортаменту побудована діаграма, яка відображає межі зміни моменту опору двотаврових профілів залежно від висоти двотавра і таким чином дозволяє уніфікувати профілі за висотою при умові забезпечення необхідних значень моментів опору при підборі перерізів балок перекрить.

Розділ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО СОРТАМЕНТУ ЗВАРНИХ ДВОТАВРІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПЕРЕКРИТЬ

4.1 Межі зміни розрахункових параметрів балок перекрить

Можливі значення розрахункових параметрів балок перекрить аналізувалися в розділі 2. Виходячи з рисунків 2.1...2.6, для подальших розрахунків приймемо три прольоти балок: 6 м, 9 м і 12 м. Найменший крок балок дорівнює 2 м, а найбільший – 12 м.

Навантаження від власної ваги перекриття та корисне технологічне навантаження також аналізувалися в розділі 2. Результати виконаних обчислень зведені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1

Навантаження на балки перекрить висотних будівель

Діючі навантаження на перекриття	Розрахункові значення	
	експлуатац.	граничне
житлові приміщення, кПа	1,5	1,95
архіви та книгосховища, кПа	6	7,2
постійне від ваги перекриття	5,6	6,5
найменше сумарне навантаження, кПа	7,1	8,45
найбільше сумарне навантаження, кПа	11,6	13,7
Найменше навантаження на балку при кроці 2 м, кН/м	16,9	
Найбільше навантаження на балку при кроці 12 м, кН/м	164,4	

Відношення експлуатаційного розрахункового значення найменшого сумарного навантаження на перекриття до граничного дорівнює 0,840, а для найбільшого сумарного навантаження воно складає 0,847. Це дозволяє при визначенні мінімальної висоти за формулою (2.4) завжди приймати це відношення рівним 0,847.

Виходячи з даних таблиці 4.1, у подальших розрахунках для побудови графіків залежностей приймаємо граничні розрахункові значення погонного навантаження на балки рівними 10, 50, 90, 130, 170 кН/м.

4.2 Мінімальна висота балок

Мінімальна висота балок оцінювалася за формулою (2.4) для різних комбінацій прольотів балки 6 м, 9 м і 12 м та розрахункового опору сталі в межах від 240 МПа до 480 МПа. При встановленому вище постійному відношенні експлуатаційного розрахункового значення навантаження до граничного сама величина навантаження не впливає на мінімальну висоту балки. Результати виконаних розрахунків представлені в таблиці 4.2 і на побудованому за її даними рисунку 4.1.

Таблиця 4.2

Мінімальна висота балок

Проліт L, м	600	900	1200
Прогин [L / f]	200	222	250
$(R_y \times \gamma_c)$, МПа	Мін. висота, мм		
240	247	411	617
280	288	479	720
320	329	548	823
360	370	616	926
400	411	685	1028
440	453	753	1131
480	494	822	1234

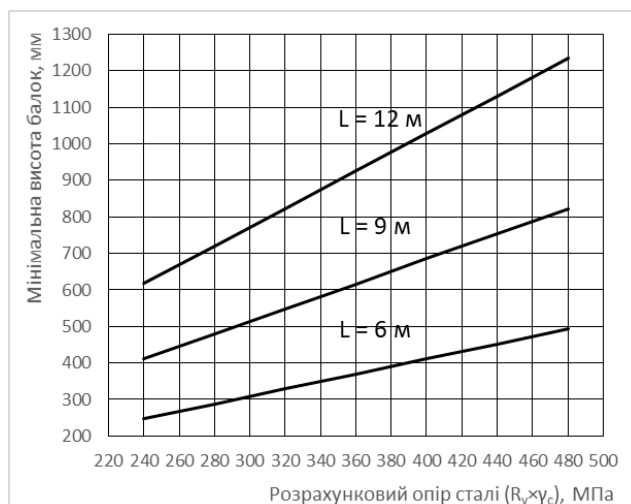


Рис. 4.1 Мінімальна висота балок

Аргументом $(R_y \times \gamma_c)$ таблиці та рисунка є розрахунковий опір сталі, перемножений на коефіцієнт умов роботи. Рисунок 4.1 дозволяє з точністю, достатньою для інженерних розрахунків, визначити мінімальну висоту балки залежно від її прольоту та характеристики міцності використаної сталі. Дані таблиці та рисунка охоплюють діапазон висот двотаврів 200...1200 мм, включених до сортаменту, розробленого у попередньому розділі.

Графіком з рисунка 4.1 можна успішно користуватися при проектуванні балок перекриття замість формули (2.4). Так наприклад, при розрахунковому опорі сталі С 325 $(R_y \times \gamma_c) = 300 \times 0,9 = 270$ МПа мінімальна висота балки прольотом 6 м дорівнює 270 мм, а при прольоті 12 м – 700 мм. Такі наближені дані дозволяють впевнено вибрати модульні висоти балок з розробленого сортаменту, рівні 300 мм і 700 мм.

4.3 Оптимальна висота балок

Оптимальна висота балок повинна обчислюватися за формулою (2.5). Підставивши до неї момент опору, виражений через погонне навантаження на балку, встановлене в ДБН [17] допустиме значення умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w = 3,5$ перетворивши числові коефіцієнти, отримуємо:

$$h_{opt} = 8,7 \sqrt[3]{\frac{g_m L^2}{R_y \gamma_c}} \sqrt{\frac{E}{R_y}} \text{ мм}, \quad (4.1)$$

де R_y – розрахунковий опір сталі за ДБН [17];

γ_c – коефіцієнт умов роботи за ДБН [17];

L – проліт балки;

E – модуль пружності сталі;

g_m – граничне розрахункове значення розподіленого навантаження на балку.

Обчислення за формулою (4.1) виконані для балок зі сталей з розрахунковими опорами $(R_y \times \gamma_c) = 240 \dots 480$ МПа при прольотах $L = 6, 9, 12$ м та погонних навантаженнях $10 \dots 170$ кН/м. Результати виконаних обчислень наведені в таблицях 4.3...4.5 і в рисунках 4.2...4.4, які побудовані за даними вказаних таблиць.

Таблиця 4.3

Оптимальна висота балок
прольотом 6 м

$R_y \times \gamma_c$ МПа	Балки прольотом 6 м при навантаженні (кН/м)					
	10	30	50	90	130	170
240	307	443	525	639	722	789
280	284	410	486	591	668	731
320	266	383	455	553	625	684
360	251	362	429	521	589	645
400	238	343	407	495	559	611
440	227	327	388	472	533	583
480	217	313	371	452	510	558

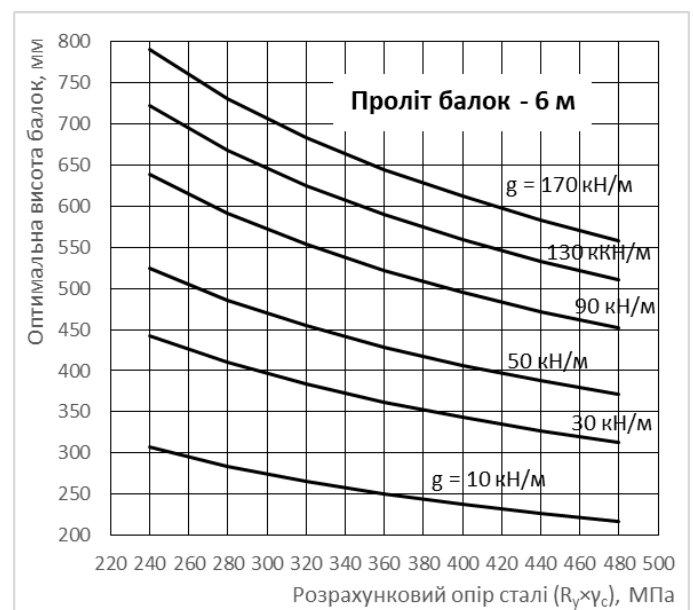


Рис. 4.2 Оптимальна висота балок
прольотом 6 м

Таблиця 4.4
Оптимальна висота балок
прольотом 9 м

$R_y \times \gamma_c$ МПа	Балки прольотом 9 м при навантаженні (кН/м)					
	10	30	50	90	130	170
240	402	580	688	837	946	1034
280	372	537	637	775	876	958
320	348	502	596	725	819	896
360	328	474	562	683	772	845
400	312	449	533	648	733	801
440	297	429	508	618	699	764
480	284	410	486	592	669	731

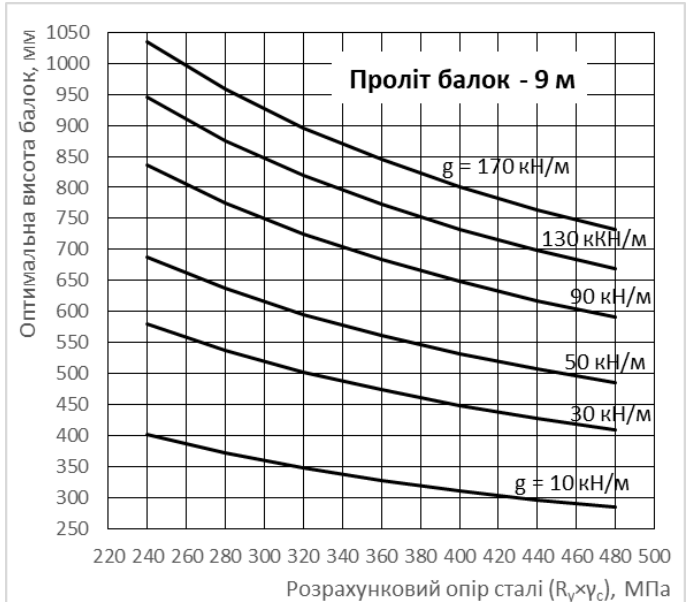


Рис. 4.3 Оптимальна висота балок
прольотом 9 м

Таблиця 4.5
Оптимальна висота балок
прольотом 12 м

$R_y \times \gamma_c$ МПа	Балки прольотом 12 м при навантаженні (кН/м)					
	10	30	50	90	130	170
240	487	703	833	1014	1146	1253
280	451	651	772	939	1061	1160
320	422	609	722	878	992	1085
360	398	574	680	828	936	1023
400	378	544	646	785	888	971
440	360	519	615	749	846	925
480	345	497	589	717	810	886

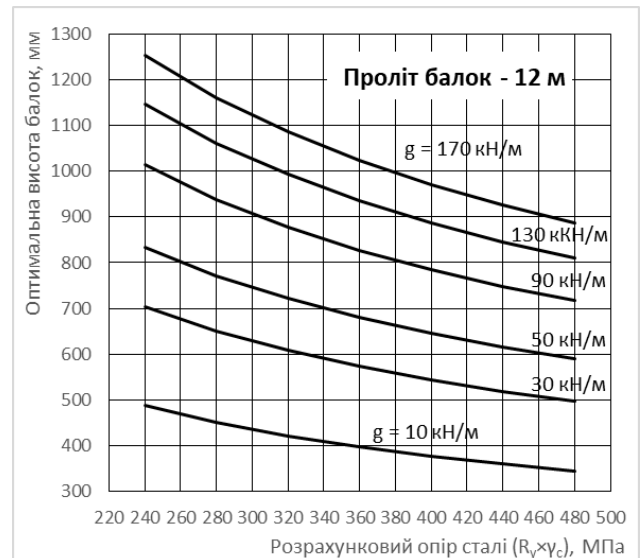


Рис. 4.4 Оптимальна висота балок
прольотом 12 м

Графіки з рисунків 4.2, 4.3 і 4.4 дозволяють визначати оптимальну висоту балок прольотів 6, 9 і 12 м при різних значеннях навантажень і розрахункових опорів сталі. Враховуючи необхідність округлення розмірів балок з урахуванням стандартної ширини й товщини листового прокату, точність наведених графіків можна вважати цілком достатньою. При необхідності можна виконати також інтерполявання між кривими, що відповідають фіксованим значенням навантаження на балку.

4.4 Оптимальний клас міцності сталі

Для отримання мінімальних витрат сталі на балки їх висота повинна дорівнювати оптимальній висоті (2.5). З іншого боку, обмеження по прогину вимагають, щоб висота балок не була меншою за мінімальну. Порівняння даних таблиці 4.2 з таблицями 4.3...4.5 показує, що при великих прольотах, малих навантаженнях та високій міцності сталі мінімальна висота балки перевищує оптимальну. У такому випадку слід проектувати балку за мінімальною висотою, що призведе до завищення витрат сталі унаслідок відхилення від оптимальної висоти.

Аналіз формул (2.4), (2.5) і (4.1) для визначення мінімальної та максимальної висоти балки, а також таблиць 4.2...4.5 і графіків 4.1...4.4 показує, що при зростанні розрахункового опору сталі мінімальна висота збільшується, а оптимальна стає меншою. Це відкриває можливість знайти оптимальне значення розрахункового опору, при якому мінімальна висота буде рівною оптимальній. Балка з обраної сталі при такій висоті буде одночасно задовольняти як умову жорсткості, так і умову оптимальності перерізу, тобто матиме мінімальні витрати сталі. Разом з тим, використання балок мінімальної висоти забезпечить найменшу можливу товщину міжповерхового перекриття, тобто виконання важливої вимоги до проектування висотних будівель.

Для розв'язання поставленої задачі пошуку оптимального розрахункового опору сталі прирівняємо вирази для мінімальної (2.4) та оптимальної (4.1) висоти балки. Перенісши усі складові в ліву сторону, отримуємо рівняння

$$\frac{5 L R_y \gamma_c g_e}{24 E g_m} \left[\frac{L}{f} \right] - 8,7 \sqrt[3]{\frac{g_m L^2}{R_y \gamma_c} \sqrt{\frac{E}{R_y}}} = 0, \quad (4.2)$$

позначення усіх величин якого роз'яснені вище.

Нелінійне рівняння (4.2) розв'язане чисельно в середовищі Microsoft Excel з використанням функції "Пошук рішення", яка забезпечує підбір такого значення невідомої величини ($R_y \times \gamma_c$), щоб задовольнялася рівність (4.2). Результати обчислень наведені в таблиці 4.6 і на рисунку 4.5.

Таблиця 4.6
Оптимальні розрахункові
опори сталей

	Навантаження кН/м				
	10	50	90	130	170
L, м	Розрахункові опори ($R_y \times \gamma_c$), МПа				
6	278	415	481	527	564
9	237	354	410	449	480
12	205	307	355	389	416

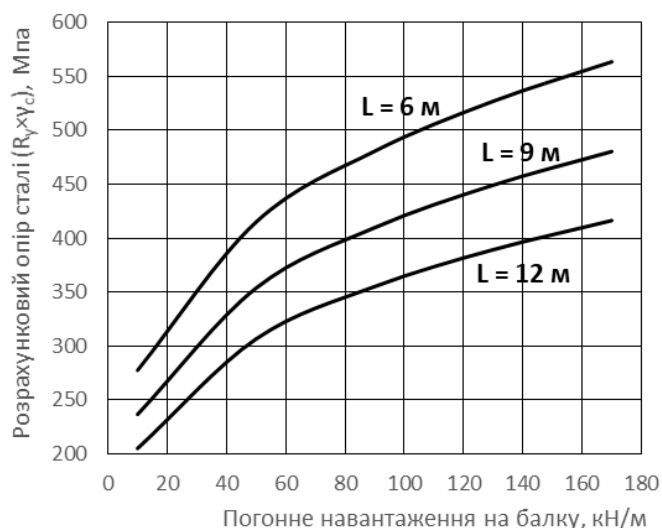


Рис. 4.5 Оптимальні показники
міцності сталей для балок ($R_y \times \gamma_c$)

Вказані в таблиці 4.6 п'ять значень навантаження та три прольоти балок охоплюють можливі межі зміни параметрів балок перекриття висотних будівель. Графік з рисунка 4.5 показує, що для проектування балок перекриття прольотом 12 м і 9 м завжди можна обрати сталь з оптимальним розрахунковим опором, який забезпечить рівність оптимальної та мінімальної висоти балки. Балки прольотом 6 м при навантаженнях понад 100 кН/м вимагають використання сталей з надто високим розрахунковим опором, які відсутні в таблицях вибору сталей ДБН [17]. У таких випадках доведеться проектувати балку з менш міцної сталі, що збільшить її оптимальну висоту. При цьому можливі два варіанти проектного рішення балки:

- якщо висота балки приймається за мінімальною висотою, отримуємо найменшу можливу товщину перекриття, але збільшені витрати сталі;
- якщо висота балки приймається за оптимальною висотою, отримуємо найменші витрати сталі, але збільшену товщину перекриття.

Те саме відноситься до випадку проектування балок інших прольотів зі сталі, розрахунковий опір якої є меншим від рекомендованого рисунком 4.5. Така ситуація може виникнути при неможливості отримати високоміцну сталь з необхідним розрахунковим опором, або з метою уніфікації з іншими балками.

У випадку, коли з метою уніфікації балка проектується зі сталі, розрахунковий опір якої перевищує рекомендований графіком з рисунка 4.5, її оптимальна висота буде меншою за мінімальну. При цьому для забезпечення достатньої жорсткості обов'язково необхідно підбирати переріз балки за мінімальною висотою, а відхилення фактичної висоти від оптимальної у бік завищення також приведе до перевитрат металу.

Слід також відмітити, що за даними [29, 37], відхилення висоти балки від оптимальної в межах $\pm 20\%$ не призводить до значного зростання витрат сталі та може вважатися цілком допустимим.

4.5 Порядок проектування балок перекрить

Розроблений сортамент зварних двотаврів, виконаний аналіз мінімальної та оптимальної висоти балок і рекомендації щодо оптимального вибору класу міцності сталі дозволяють сформулювати такий порядок проектування балок міжповерхових перекриттів житлових і громадських будівель:

1. Розробляється конструктивна схема перекриття та кожної балки з визначенням конструкції перекриття, прольотів і кроків балок, схем обпирання, вантажних площ, місць і зон прикладення навантажень.

2. Визначаються експлуатаційне та граничне розрахункові значення рівномірно розподіленого навантаження на балку згідно з вказівками норм [8]. При наявності зосереджених сил сумарне навантаження приводиться до еквівалентного рівномірно розподіленого уздовж балки.

3. За рисунком 4.5 з урахуванням погонного навантаження та прольоту балки визначається оптимальний розрахунковий опір сталі, за яким з ДБН [17] або з таблиці 2.3 вибирається відповідний клас міцності сталі та попередньо встановлюється її розрахунковий опір.

4. За формулами (2.2) обчислюються згинальні моменти в балці, а за (2.3) визначається необхідний момент опору для подальшого підбору перерізу.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

5. Виходячи з погонного навантаження та прольоту балки, за рисунком 4.1 визначається мінімальна висота балки, а за відповідним рисунком 4.2...4.4 – оптимальна висота балки.

6. З сортаменту, наведеного в додатку А, вибирається переріз, висота якого близька до отриманої мінімальної висоти, а момент опору – більший від необхідного з пункту 4.

7. За ДБН [17] або за таблицею 2.3 уточняється розрахунковий опір сталі з урахуванням товщини полиці обраного профілю.

8. Виконуються усі необхідні перевірки перерізу балки, які вимагає ДБН [17] і в разі невиконання однієї з вимог з сортаменту обирається інший профіль. Перевірку жорсткості слід виконувати, якщо фактична висота перерізу прийнята дещо меншою від мінімальної з пункту 5. Перевірку місцевої стійкості полиці та стінки слід виконувати при використанні сталей з розрахунковим опором за межею текучості понад 440 МПа, оскільки наведений в додатку А сортамент розроблявся з урахуванням стійкості елементів з менш міцних сталей.

9. У результаті вибору з сортамента найменшого профілю заданої висоти фактичні напруження в балці можуть бути отримані істотно меншими від розрахункового опору сталі прийнятого класу міцності, а зменшення висоти призведе до перевищення норми жорсткості. У такому випадку можна, не змінюючи переріз, обрати сталь нижчого класу міцності, розрахунковий опір якої відповідає фактичному значенню нормальних напружень в перерізі.

Викладений алгоритм орієнтований на підбір перерізів балок перекриття з висотою, близькою до мінімальної висоти, що забезпечує найменшу можливу товщину міжповерхового перекриття. При цьому фактична висота підбраного перерізу може дещо відрізнятись від оптимальної висоти, що може призвести до незначних перевитрат сталі на балку.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						65
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

4.6 Приклади проектування балок перекрить висотних будівель

Об'єктами експериментального проектування балок обрано чотири типи перекрить висотних будівель:

- 1) перекриття житлового будинку з сіткою колон 6×6 м за схемою з рис. 2.1 та характеристичним значенням змінного корисного навантаження $1,5$ кПа;
- 2) перекриття житлового будинку з сіткою колон 6×12 м за схемою з рис. 2.3 та характеристичним значенням змінного корисного навантаження $1,5$ кПа;
- 3) перекриття громадської будівлі з сіткою колон 6×12 м за схемою з рис. 2.3 та характеристичним значенням змінного корисного навантаження $4,0$ кПа;
- 4) перекриття громадської будівлі з сіткою колон 12×12 м за схемою з рис. 2.6 та характеристичним значенням змінного корисного навантаження $4,0$ кПа.

В усіх випадках розраховувалися балки середніх рядів. Крок головних балок першого та другого варіанту прийнято рівним 6 м, а третього й четвертого варіантів – 12 м. Крок балок настилу прийнято рівним 2 м, тобто мінімально можливому значенню. Перші два варіанти відносяться до перекрить житлових будівель, а два останні – до громадських. Обрані таким чином об'єкти проектування охоплюють практично увесь діапазон можливих прольотів та кроків балок, а також навантажень на них.

Усього розраховано чотири головні балки та чотири балки настилу. Проектні розрахунки виконано згідно з вимогами норм проектування [7, 8, 17] за наведеним вище алгоритмом. Результати розрахунків зведені в таблицю 4.7, у стовпцях якої наведена така інформація:

L – проліт балки в метрах;

B – крок балок (ширина вантажної площі) в метрах;

G_e – експлуатаційне розрахункове значення сумарного навантаження на перекриття в кПа;

G_m – граничне розрахункове значення сумарного навантаження на перекриття в кПа;

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						66
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Q_e – експлуатаційне розрахункове значення сумарного погонного навантаження на балку в кН/м;
 Q_m – граничне розрахункове значення сумарного погонного навантаження на балку в кН/м;
 M_e – експлуатаційне розрахункове значення згинального моменту в балці у кНм;
 M_m – граничне розрахункове значення згинального моменту в балці у кНм;
 R_{opt} – оптимальне значення розрахункового опору сталі в МПа;
 Клас сталі, обраний за оптимальним значення розрахункового опору;
 R_y – розрахунковий опір обраної сталі, відкоригований відповідно до товщини прокату, в МПа;
 W_n – необхідний момент опору обраної сталі в см³
 H_{min} – мінімальна висота балки в міліметрах за графіком з рисунка 4.1;
 H_{opt} – оптимальна висота балки в міліметрах за графіками 4.2...4.4;
 Профіль – позначення профілю з сортаменту зварних двотаврів, наведеного в додатку А;
 I – момент інерції обраного профілю в см⁴
 W – момент опору обраного профілю в см³
 σ – нормальні напруження в балці в МПа (результат перевірки першого граничного стану);
 L/f – відношення прольоту балки до прогину (результат перевірки другого граничного стану);
 Клас сталі (понижений), яку можна використати замість прийнятої початково у випадку надмірного запасу міцності;
 R_y – розрахунковий опір пониженого класу сталі в МПа, визначений з урахуванням товщини прокату в підбраному перерізі балки.

Таблиця 4.7

Результати підбору перерізів балок перекрить житлової та громадської будівлі

L, м	B, м	G _e , кПа	G _m , кПа	Q _e , кН/м	Q _m , кН/м	M _e , кНм	M _m , кНм	R _{opt} МПа	Клас сталі	R _y МПа	W _н см ³	H _{min} мм	H _{opt} мм	Профіль	I см ⁴	W см ³	σ МПа	L/f	Клас сталі	R _y МПа
Балки житлового будинку з сіткою колон 6×6 м																				
6	6	7,1	8,45	42,6	50,7	191,7	228,2	430	C440	430	531	450	400	ДБ 400х6х140х8	11438	572	399	205	C420	410
6	2	7,1	8,45	14,2	16,9	63,9	76,1	300	C345	335	227	330	330	ДБ 300х6х100х8	4557	304	250	245	C285	270
Балки житлового будинку з сіткою колон 6×12 м																				
12	6	7,1	8,45	42,6	50,7	766,8	912,6	310	C345	315	2897	810	750	ДБ 800х11х220х11	118497	2962	308	265	C325	315
6	2	7,1	8,45	14,2	16,9	63,9	76,05	310	C345	335	227	340	320	ДБ 300х6х100х8	4557	304	250	245	C285	270
Балки громадської будівлі з сіткою колон 6×12 м																				
12	6	11,6	13,7	69,6	82,2	1253	1480	340	C375	345	4289	880	840	ДБ 900х12х220х16	202948	4510	328	278	C355	350
6	2	11,6	13,7	23,2	27,4	104,4	123,3	340	C375	365	338	370	350	ДБ 400х6х100х8	8979	449	275	295	C295	285
Балки громадської будівлі з сіткою колон 12×12 м																				
12	12	11,6	13,7	139,2	164,4	2506	2959	420	C440	430	6882	1110	940	ДБ 1100х16х260х16	406854	7397	400	279		
12	2	11,6	13,7	23,2	27,4	417,6	493,2	250	C285	260	1897	660	650	ДБ 700х10х160х12	71189	2034	242	293		

З таблиці 4.7 видно, що запропонований алгоритм розрахунку та розроблений сортамент дозволили успішно підібрати перерізи усіх восьми балок з дуже різноманітними прольотами й навантаженнями, які охоплюють практично увесь спектр цих величин, можливий в перекриттях житлових і громадських будівель. У процесі розрахунків виявлені особливості застосування запропонованої методики вибору класу міцності сталі та висоти балок, а також можливості використання розробленого сортаменту, які прокоментовані та пояснені нижче.

Усі балки розраховані на встановлене в попередніх розділах постійне навантаження від власної ваги перекриття та змінне корисне навантаження в житлових приміщеннях чи в приміщеннях книгосховищ та архівів, тобто найменше та найбільше можливі значення змінних навантажень.

Згідно з таблицею 5.1 ДБН [17], коефіцієнт умов роботи для балок перекриття під приміщеннями магазинів, книгосховищ і архівів при змінному навантаженні, більшому від ваги перекриття, приймається рівним одиниці. Коефіцієнт умов роботи для балок перекриття під жилими приміщеннями, а також приміщеннями офісів та іншими подібними приміщеннями також прийнято рівним одиниці згідно з приміткою 5 до тієї ж таблиці.

Оптимальні значення розрахункового опору сталі, які забезпечують рівність оптимальної та мінімальної висоти балки, змінюються в межах від 250 МПа для балки настилу громадської будівлі прольотом 12 м до 430 МПа для двох головної балки житлового будинку. Оптимальне значення розрахункового опору зростає при збільшенні навантаження та при зменшенні прольоту балки, що відповідає зменшенню можливості реалізації другого граничного стану в балці.

Різниця між оптимальним та фактичним значеннями розрахункового опору сталі зазвичай складає 10...15 МПа, але може сягати 35 МПа за рахунок неможливості точного вибору класу міцності сталі та коригування розрахункового опору залежно від товщини прокату обраного перерізу.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						69
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Визначена за графіками 4.2 і 4.4 оптимальна висота балок зазвичай дещо менша від мінімальної висоти з графіка 4.1. Це можна пояснити відхиленнями розрахункового опору обраної сталі від оптимальних значень з рисунка 4.5.

Для запроектованих балок обиралися перерізи, близькі до найменших, а в чотирьох випадках – найменші при заданій висоті двотавра (відмічені в таблиці 4.7 жирним курсивом). В таких випадках фактичні моменти опору істотно перевищують необхідні значення, що привело до великих запасів міцності.

У трьох випадках фактично прийнята модульна висота двотаврів є дещо меншою від отриманої з графіка 4.1 мінімальної висоти. Це вдалося зробити за рахунок значного недонапруження балок. В інших випадках спроби зниження висоти двотавра викликали перевищення допустимого прогину балок.

Хоча окремі балки розраховувалися на навантаження, близькі до максимально можливих навантажень на перекриття висотних будівель, для них обиралися профілі, близькі до найменших у сортаменті двотаврів заданої висоти. Більш масивні профілі не використовувалися, що вказує на надмірно великі запаси розробленого сортаменту. Цей висновок підтверджується також графіком 3.6, який відображає необхідну для проектування перекриття та фактично наявну в розробленому сортаменті залежність моментів опору від висоти балок.

У жодному випадку не вдалося запроектувати балки настилу такої ж висоти, як і головні балки. Висоту головних балок не можна зменшити з умов жорсткості, а збільшення висоти балок настилу до такої ж, як у головної балки, призведе до надмірно великих запасів жорсткості та міцності у їх перерізах.

Неповне використання міцності в перших шести балках дало змогу понизити клас міцності сталі без зміни перерізу двотавра. Рекомендовані класи міцності та відповідні розрахункові опори сталей наведені в двох останніх стовпцях таблиці 4.7.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		70

4.7 Висновки з розділу

1. Встановлені можливі межі зміни основних конструктивних параметрів балок (прольотів, кроків та навантажень), які можуть реалізуватися в перекриттях житлових і громадських висотних будівель.

2. Стабільність відношення граничного розрахункового значення навантаження на перекриття житлових та громадських будівель до експлуатаційного дала змогу отримати табличні та графічні залежності мінімальної висоти балок прольотом 6 м, 9 м і 12 м від розрахункового опору використаної сталі.

3. Для балок прольотом 6 м, 9 м і 12 м побудовані графіки, які дозволяють визначити оптимальну висоту балки залежно від розрахункового опору сталі та погонного навантаження на балку.

4. Виходячи з умови рівності мінімальної та оптимальної висоти балок, побудовано графік для визначення оптимального розрахункового опору сталі залежно від прольоту балки та погонного навантаження на неї.

5. Розроблено порядок підбору перерізу зварних двотаврових балок, який забезпечує досягнення мінімально можливої товщини перекриття при повному використанні міцності з оптимальним розрахунковим опором сталі.

6. На прикладах підбору перерізів головних балок і балок настилу перекриття житлових і громадських будівель з різними схемами компоновки балкових кліток підтверджена ефективність використання розробленого сортаменту зварних двотаврів та запропонованого порядку розрахунку балок.

ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження, виконані в магістерській роботі, дозволили реалізувати мету й завдання роботи, а також зробити такі загальні висновки:

1. Висотні будівлі часто виконуються зі сталевим каркасом, а їх перекриття – у вигляді сталевих балкових кліток з настилом із нерозрізних монолітних залізобетонних плит. Важливою вимогою до перекрить є мінімально можлива товщина, яка сприяє зменшенню опалювального об'єму будівлі, вітрових навантажень, довжини колон і витрат сталі на них.
2. Виходячи з можливих конструкцій сталевих каркасів висотних будівель, скомпоновані можливі схеми балкових кліток нормального типу для перекрить висотних будівель при сітках колон від 6×6 м до 12×12 м.
3. Граничне розрахункове значення постійного навантаження від власної ваги перекрить типової конструкції дорівнює 6,5 кПа, а граничне розрахункове значення змінного корисного навантаження на перекриття залежно від призначення приміщень може становити 1,95...7,2 кПа.
4. Для виготовлення зварних балок перекрить висотних будівель можна використовувати сталі 13 класів міцності з розрахунковим опором за межею текучості в межах від 230 МПа до 485 МПа та з товщиною листового прокату від 6 мм до 50 мм.
5. Аналіз можливих меж зміни розмірів і характеристик поперечних перерізів двотаврових балок для перекрить висотних будівель при різних кроках колон та різних класах міцності сталей показав, що мінімальна висота перерізу збільшується з ростом прольоту балки та міцності сталі, а оптимальна висота зростає при збільшенні навантаження.
6. Знайдена залежність найбільшого необхідного моменту опору від висоти перерізу, реалізація якої в сортаменті зварних двотаврів дозволить проектувати балки перекрить висотних будівель за мінімальною висотою.

7. З урахуванням виявлених закономірностей сформульовані технічні вимоги до сортаменту зварних двотаврів для перекрить висотних будівель і розроблена автоматизована методика компонування перерізів зварних двотаврів модульної висоти з універсального широкосмугового прокату стандартних розмірів у середовищі Microsoft Excel.
8. За розробленою методикою шляхом перебору всіх допустимих комбінацій стандартної ширини й товщини полиць і товщини стінки сформовано сортамент з 2671 зварних двотаврів висотою 200, 300, ..., 1100, 1200 мм. Після видалення профілів з надто близькими характеристиками отримана остаточна версія сортаменту з 333 зварних двотаврів з кроком зміни площі перерізу 5...6% в межах кожної модульної висоти.
9. Наявний в сортаменті набір моментів опору двотаврів відображено на діаграмі, яка показує межі зміни моменту опору двотаврових профілів різної висоти і таким чином дозволяє уніфікувати профілі за висотою при умові забезпечення необхідних значень моментів опору.
10. Побудовані графіки, які дозволяють визначити мінімальну висоту балки залежно від прольоту й розрахункового опору сталі, а також оптимальну висоту балки залежно від прольоту, розрахункового опору сталі та погонного навантаження на балку. Виходячи з умови рівності мінімальної та оптимальної висоти балок, отримана графічна залежність для визначення оптимального розрахункового опору сталі залежно від прольоту балки та погонного навантаження на неї.
11. Розроблено порядок підбору перерізу зварних двотаврових балок, який за рахунок вибору оптимального розрахункового опору сталі забезпечує досягнення мінімально можливої товщини перекриття при повному використанні міцності сталі.
12. На прикладах підбору перерізів головних балок і балок настилу перекрить житлових і громадських будівель з різними схемами компоновки балкових кліток підтверджена ефективність використання розробленого сортаменту зварних двотаврів та запропонованого порядку розрахунку балок.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		73

CONCLUSIONS RESULTS OF RESEARCH

The research performed in the master's thesis allowed to realize the purpose and tasks of the work, as well as to draw the following general conclusions:

1. High-rise buildings are often made with a steel frame, and their floors - in the form of steel beam cages with flooring of continuous monolithic reinforced concrete slabs. An important requirement for floors is the minimum possible thickness, which helps to reduce the heating volume of the building, wind loads, the length of the columns and the cost of steel on them.

2. Proceeding from possible designs of steel frameworks of high-rise buildings, possible schemes of beam cages of normal type for overlapping of high-rise buildings at grids of columns from 6×6 m to 12×12 m are composed.

3. The maximum design value of the constant load from the own weight of the floors of a typical structure is 6.5 kPa, and the maximum design value of the variable payload on the floor, depending on the purpose of the premises may be 1.95...7.2 kPa.

4. For the manufacture of welded beams of high-rise buildings can be used steels of 13 strength classes with a design resistance below the yield strength in the range from 230 MPa to 485 MPa and with a sheet thickness of 6 mm to 50 mm.

5. Analysis of possible limits of size and characteristics of cross-sections of I-beams for floors of high-rise buildings at different column steps and different strength classes of steels showed that the minimum cross-sectional height increases with increasing beam span and steel strength, and the optimal height increases with increasing load.

6. The dependence of the largest required moment of resistance on the height of the section, the implementation of which in the range of welded I-beams will allow you to design the beams of high-rise buildings at a minimum height.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
						74
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

7. Taking into account the identified patterns, technical requirements for the range of welded I-beams for high-rise buildings are formulated and an automated method of arranging sections of welded I-beams of modular height from universal broadband rolled products of standard sizes in Microsoft Excel.

8. According to the developed technique by sorting of all admissible combinations of standard width and thickness of shelves and wall thickness the assortment from 2671 welded I-beams 200, 300,..., 1100, 1200 mm high is formed. After removing the profiles with too close characteristics, the final version of the assortment of 333 welded I-beams with a step of changing the cross-sectional area of 5... 6% within each modular height was obtained.

9. The set of resistance moments of I-beams available in assortment is reflected in the diagram which shows limits of change of the moment of resistance of I-beam profiles of various height and thus allows to unify profiles on height provided condition of providing values of moments of resistance.

10. Graphs are constructed, which allow to determine the minimum height of the beam depending on the span and the calculated resistance of the steel, as well as the optimal height of the beam depending on the span, the calculated resistance of the steel and the running load on the beam. Based on the condition of equality of the minimum and optimal height of the beams, the obtained graphical dependence for determining the optimal design resistance of steel depending on the span of the beam and the running load on it.

11. The order of selection of section of welded I-beams which due to a choice of optimum settlement resistance of steel provides achievement of the minimum possible thickness of overlapping at full use of durability of steel is developed.

12. The examples of selection of cross-sections of main beams and floor beams of residential and public buildings with different layout schemes of beam cages confirmed the effectiveness of the developed range of welded I-beams and the proposed procedure for calculating beams.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		75

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Беленя Е.И. Металлические конструкции. Специальный курс : Учебн. пособие для вузов / Е.И. Беленя, Н.Н. Стрелецкий, Г.С. Ведеников и др. – 3-е изд., перераб. и дополн. – М.: Стройиздат, 1991. – 687 с.
2. Виготовлення зварних балок / Stabbing. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://stabbing.ru/technology/manufacturing-of-a-welded-beam-20-welded-beam-production-and-welding-technology/>
3. ГОСТ 26020-83 Двутавры стальные горячекатанные с параллельными гранями полок. Сортамент. М.: Госстандарт СССР, 1986. – 6 с.
4. ГОСТ 8239-89 (СТ СЭВ 2209-80) Двутавры стальные горячекатанные. Сортамент. М.: Госстандарт СССР, 1990. – 4 с.
5. ГОСТ 82-70 (СТ СЭВ 2884-81) Межгосударственный стандарт. Прокат стальной горячекатаный широкополосный универсальный. Сортамент.
6. ДБН А.3.2-2:2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012.
7. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. К.. Мінрегіон України 2018.
8. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. К.: Мінбуд України, 2007.
9. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. – Київ : Мінрегіон України, 2019. – 44 с.
10. ДБН В.2.2-23:2009. Будинки і споруди. Підприємства торгівлі. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 48 с.
11. ДБН В.2.2-24:2009. Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 103 с.
12. ДБН В.2.2-25:2009. Будинки і споруди. Підприємства харчування (заклади ресторанного господарства) – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 83 с.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		76

13. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 48 с.
14. ДБН В.2.2-3:2018. Будинки і споруди. Заклади освіти. – Київ : Мінрегіон України, 2018. – 57 с.
15. ДБН В.2.2-41:2019. Висотні будівлі. Основні положення. – Київ : Мінрегіон України, 2018. – 53 с.
16. ДБН В.2.2-9:2009. Громадські будинки та споруди. Основні положення. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 69 с.
17. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. Київ. Мінрегіонбуд України, 2014.
18. ДБН Д.1.1.1–2000. Правила визначення вартості будівництва (із змінами, згідно з доповненням №3, затвердженим наказом Держбуду України від 07.05.2002 №80). - Ціноутворення у будівництві. – 2002. – №5 – С. 8-194.
19. ДСТУ 4747:2007 (ГОСТ 103-2006) Прокат сортовий сталевий гарячекатаний штабовий. Сортамент.
20. ДСТУ 8540:2015 Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент. К.: ДП УкрНДНС, 2016 – 14 с.
21. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. К.: Мінбуд України, 2006.
22. ДСТУ Б В.2.6-199:2014 Конструкції сталеві будівельні. Вимоги до виготовлення.
23. ДСТУ Б В.2.6-200:2014 Конструкції металеві будівельні. Вимоги до монтажу.
24. ДСТУ Б В.2.6-58:2008. Конструкції будинків і споруд. Плити залізобетонні суцільні для перекриттів житлових і громадських будівель. Технічні умови. . – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 30 с.
25. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К., 2011. – 101 с.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		77

26. Жербин М.М., Владимирский В.А. Металлические конструкции: Учебн. пособие для вузов. – К.: Вища школа, 1986. – 255 с.
27. Інструкція з охорони праці під час виконання робіт з монтажу металевих і залізобетонних конструкцій. Загальні вимоги безпеки. / ПКБ "Стальмонтаж". – 24 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://dnaop.com/html/33058/doc-instrukcija-z-ohoroni-pracipid-chas-vikonannya-robitz-montazhu-metalevih-i-zalizobetonnihkonstrukcijzagalyni-vimogi-bezpeki>
28. Ковальський А.М. Архітектурне проектування висотних будинків : новчальний посібник / А.М. Ковальський, Г.В. Кузьміна, Г.В. Ковальська. – Запоріжжя : ПРИВОЗ ПРИНТ, 2012. – 123 с.
29. Клименко Ф. Є., Барабаш В. М., Стороженко Л.І. Металеві конструкції: / За ред. Ф.Є Клименка : Підручник. – 2-ге видання, випр. і доп. – Львів: Світ, 2002. – 312 с.
30. Конструкції цивільних будівель. Під загальною ред. М.С. Туполева. М.: «Архітектура-С», 2006.
31. Лихтарников Я.М. Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций. – М.: Стройиздат, 1979. – 319 с.
32. Літвицька О.І. Планувальні схеми сучасних багатоповерхових та висотних будівель / О.І. Літвицька, О.А. Пахолюк // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. - 2013. - Вип. 25. - С. 564-569. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rmkbs_2013_25_78
33. Магістерська робота. Методичні для здобувачів освіти спеціальностей: 192 – Будівництво та цивільна інженерія; 133 – Галузеве машинобудування. / В.А. Пашинський, В.А. Настоящий. – Кропивницький: ЦНТУ, 2021. – 33 с.
34. Металеві конструкції. Методичні вказівки до виконання курсової роботи "Балочна клітка" для студентів спеціальності 7.092101" Промислове і цивільне будівництво" всіх форм навчання. Укладач Портнов Г.Б. – Кіровоград: КНТУ, 2010. - 147 с.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		78

35. Металеві конструкції. Методичні рекомендації до практичних занять для здобувачів освіти спеціальності 192 – "Будівництво та цивільна інженерія" усіх форм навчання. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 28 с.
36. Металеві конструкції. Методичні рекомендації та інформаційні матеріали для курсового проектування й виконання магістерських робіт здобувачами вищої освіти усіх форм навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. - 38 с.
37. Металлические конструкции. Учебник для студентов высших учебных заведений / Ю.И. Кудишин, Е. И. Беленя, В.С. Игнатьева и др. ; под редакцией Ю.И. Кудишина. 10-е издание. – М.: Издательский центр "Академия", 2007. – 688 с.
38. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / Под общей ред. А.В. Перельмутера. – 4-е изд., перераб. – М.: Издательство СКАД СОФТ, издательство АСВ, издательство ДЦМК Пресс, 2014. - 596 с.
39. Писаренко Г.С. та ін. Опір матеріалів. Підручник. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища школа, 2004 – 655 с.
40. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті. Затверджено наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 27.03.2007 № 62. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0573-07#Text>
41. Сафонов В.В. та ін. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей: Навчальний посібник. – К.: Основа, 2011. – 480 с.
42. Югов А. М. Історія розвитку висотного будівництва з металевих конструкцій / А. М. Югов, А. О. Тимошко // Современные строительные конструкции из металла и древесины. - 2014. - № 18. - С. 281-292. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sskmd_2014_18_48

ДОДАТКИ

Додаток А – Сортамент зварних двотаврів для балок перекритть висотних будівель

№	Профіль	Розміри перерізу в мм				А см ²	Ось Х-Х				Ось Y-Y			Маса, кг,м
		<i>b_f</i>	<i>t_f</i>	<i>h_w</i>	<i>t_w</i>		<i>I_x</i> см ⁴	<i>W_x</i>	<i>S_x</i>	<i>i_x</i> см	<i>I_y</i> см ⁴	<i>W_y</i>	<i>i_y</i> см	
Зварні двотаври висотою 200 мм														
1	ДБ 200х6х100х8	100	8	184	6	27,0	1787	179	102	8,13	134	27	2,22	21,2
2	ДБ 200х6х110х8	110	8	184	6	28,6	1934	193	110	8,22	178	32	2,49	22,5
3	ДБ 200х6х120х8	120	8	184	6	30,2	2082	208	118	8,30	231	38	2,76	23,7
4	ДБ 200х6х130х8	130	8	184	6	31,8	2230	223	125	8,37	293	45	3,03	25,0
5	ДБ 200х6х140х8	140	8	184	6	33,4	2377	238	133	8,43	366	52	3,31	26,3
6	ДБ 200х6х120х10	120	10	180	6	34,8	2460	246	138	8,41	288	48	2,88	27,3
7	ДБ 200х6х130х10	130	10	180	6	36,8	2640	264	148	8,47	366	56	3,16	28,9
8	ДБ 200х6х140х10	140	10	180	6	38,8	2821	282	157	8,53	458	65	3,43	30,5
9	ДБ 200х6х110х14	110	14	172	6	41,1	2923	292	165	8,43	311	57	2,75	32,3
10	ДБ 200х6х120х14	120	14	172	6	43,9	3166	317	178	8,49	404	67	3,03	34,5
11	ДБ 200х6х100х18	100	18	164	6	45,8	3211	321	184	8,37	300	60	2,56	36,0
12	ДБ 200х6х120х16	120	16	168	6	48,5	3495	350	198	8,49	461	77	3,08	38,1
13	ДБ 200х6х130х16	130	16	168	6	51,7	3767	377	213	8,54	586	90	3,37	40,6
14	ДБ 200х6х140х16	140	16	168	6	54,9	4039	404	227	8,58	732	105	3,65	43,1
15	ДБ 200х6х130х18	130	18	164	6	56,6	4109	411	233	8,52	659	101	3,41	44,5
16	ДБ 200х7х120х20	120	20	160	7	59,2	4143	414	238	8,37	576	96	3,12	46,5
17	ДБ 200х7х130х20	130	20	160	7	63,2	4468	447	256	8,41	733	113	3,41	49,6
18	ДБ 200х7х140х20	140	20	160	7	67,2	4794	479	274	8,45	915	131	3,69	52,8
19	ДБ 200х10х100х28	100	28	144	10	70,4	4427	443	267	7,93	468	94	2,58	55,3
20	ДБ 200х8х140х22	140	22	156	8	74,1	5157	516	298	8,34	1007	144	3,69	58,2
21	ДБ 200х9х130х25	130	25	150	9	78,5	5264	526	310	8,19	916	141	3,42	61,6
22	ДБ 200х9х140х25	140	25	150	9	83,5	5649	565	332	8,23	1144	163	3,70	65,5
23	ДБ 200х10х130х28	130	28	144	10	87,2	5681	568	339	8,07	1026	158	3,43	68,5
24	ДБ 200х10х130х30	130	30	140	10	92,0	5923	592	356	8,02	1100	169	3,46	72,2

№	Профіль	Розміри перерізу в мм				А см ²	Ось Х-Х				Ось Y-Y			Маса, кг,м
		b _f	t _f	h _w	t _w		I _x см ⁴	W _x	S _x	i _x см	I _y см ⁴	W _y	i _y см	
З в а р н і д в о т а в р и в и с о т о ю 3 0 0 м м														
1	ДБ 300х6х100х8	100	8	284	6	33,0	4557	304	177	11,74	134	27	2,01	25,9
2	ДБ 300х6х100х9	100	9	282	6	34,9	4933	329	191	11,89	151	30	2,08	27,4
3	ДБ 300х6х100х10	100	10	280	6	36,8	5304	354	204	12,01	167	33	2,13	28,9
4	ДБ 300х6х110х10	110	10	280	6	38,8	5725	382	218	12,15	222	40	2,39	30,5
5	ДБ 300х6х120х10	120	10	280	6	40,8	6146	410	233	12,27	289	48	2,66	32,0
6	ДБ 300х6х110х12	110	12	276	6	43,0	6529	435	247	12,33	267	48	2,49	33,7
7	ДБ 300х6х120х12	120	12	276	6	45,4	7027	468	264	12,45	346	58	2,76	35,6
8	ДБ 300х6х130х12	130	12	276	6	47,8	7525	502	282	12,55	440	68	3,03	37,5
9	ДБ 300х6х140х12	140	12	276	6	50,2	8023	535	299	12,65	549	78	3,31	39,4
10	ДБ 300х6х130х14	130	14	272	6	52,7	8456	564	316	12,66	513	79	3,12	41,4
11	ДБ 300х6х140х14	140	14	272	6	55,5	9029	602	336	12,75	641	92	3,40	43,6
12	ДБ 300х6х150х14	150	14	272	6	58,3	9602	640	356	12,83	788	105	3,68	45,8
13	ДБ 300х6х160х14	160	14	272	6	61,1	10175	678	376	12,90	956	120	3,96	48,0
14	ДБ 300х6х150х16	150	16	268	6	64,1	10651	710	395	12,89	900	120	3,75	50,3
15	ДБ 300х6х160х16	160	16	268	6	67,3	11297	753	417	12,96	1093	137	4,03	52,8
16	ДБ 300х6х170х16	170	16	268	6	70,5	11943	796	440	13,02	1311	154	4,31	55,3
17	ДБ 300х7х140х20	140	20	260	7	74,2	12020	801	451	12,73	915	131	3,51	58,2
18	ДБ 300х7х150х20	150	20	260	7	78,2	12805	854	479	12,80	1126	150	3,79	61,4
19	ДБ 300х7х160х20	160	20	260	7	82,2	13591	906	507	12,86	1366	171	4,08	64,5
20	ДБ 300х7х170х20	170	20	260	7	86,2	14376	958	535	12,91	1638	193	4,36	67,7
21	ДБ 300х8х160х22	160	22	256	8	90,9	14749	983	555	12,74	1503	188	4,07	71,3
22	ДБ 300х8х170х22	170	22	256	8	95,3	15601	1040	585	12,80	1803	212	4,35	74,8
23	ДБ 300х8х180х22	180	22	256	8	99,7	16453	1097	616	12,85	2139	238	4,63	78,2
24	ДБ 300х8х190х22	190	22	256	8	104,1	17305	1154	647	12,89	2516	265	4,92	81,7
25	ДБ 300х11х130х32	130	32	236	11	109,2	16215	1081	634	12,19	1174	181	3,28	85,7
26	ДБ 300х11х140х32	140	32	236	11	115,6	17370	1158	677	12,26	1466	209	3,56	90,7
27	ДБ 300х11х150х32	150	32	236	11	122,0	18525	1235	720	12,32	1803	240	3,84	95,7
28	ДБ 300х11х160х32	160	32	236	11	128,4	19679	1312	763	12,38	2187	273	4,13	100,8

ЗМ

АР

№ док.ум.

Підп

Да

МР 19220118 ПЗ

АР

81

№	Профіль	Розміри перерізу в мм				А см²	Ось Х-Х				Ось Y-Y			Маса, кг,м
		<i>b_f</i>	<i>t_f</i>	<i>h_w</i>	<i>t_w</i>		<i>I_x</i> см⁴	<i>W_x</i>	<i>S_x</i>	<i>i_x</i> см	<i>I_y</i> см⁴	<i>W_y</i>	<i>i_y</i> см	
29	ДБ 300х12х150х36	150	36	228	12	135,4	20120	1341	791	12,19	2028	270	3,87	106,3
30	ДБ 300х12х160х36	160	36	228	12	142,6	21382	1425	838	12,25	2461	308	4,15	111,9
31	ДБ 300х14х150х40	150	40	220	14	150,8	21682	1445	865	11,99	2255	301	3,87	118,4
32	ДБ 300х14х160х40	160	40	220	14	158,8	23045	1536	917	12,05	2736	342	4,15	124,7
33	ДБ 300х14х170х40	170	40	220	14	166,8	24408	1627	969	12,10	3280	386	4,43	130,9
34	ДБ 300х14х180х40	180	40	220	14	174,8	25770	1718	1021	12,14	3893	433	4,72	137,2
З в а р н і д в о т а в р и в и с о т о ю 4 0 0 м м														
1	ДБ 400х6х100х8	100	8	384	6	39,0	8979	449	267	15,17	134	27	1,85	30,6
2	ДБ 400х6х100х9	100	9	382	6	40,9	9668	483	285	15,37	151	30	1,92	32,1
3	ДБ 400х6х100х10	100	10	380	6	42,8	10350	518	303	15,55	167	33	1,98	33,6
4	ДБ 400х6х140х8	140	8	384	6	45,4	11438	572	330	15,87	367	52	2,84	35,7
5	ДБ 400х6х140х9	140	9	382	6	48,1	12420	621	356	16,07	412	59	2,93	37,8
6	ДБ 400х6х140х10	140	10	380	6	50,8	13393	670	381	16,24	458	65	3,00	39,9
7	ДБ 400х6х130х12	130	12	376	6	53,8	14404	720	409	16,37	440	68	2,86	42,2
8	ДБ 400х6х170х10	170	10	380	6	56,8	15675	784	440	16,61	820	96	3,80	44,6
9	ДБ 400х6х170х11	170	11	378	6	60,1	16853	843	471	16,75	901	106	3,87	47,2
10	ДБ 400х6х130х16	130	16	368	6	63,7	17836	892	501	16,74	587	90	3,03	50,0
11	ДБ 400х6х160х14	160	14	372	6	67,1	19269	963	536	16,94	956	120	3,77	52,7
12	ДБ 400х6х220х11	220	11	378	6	71,1	21015	1051	578	17,19	1953	178	5,24	55,8
13	ДБ 400х6х220х12	220	12	376	6	75,4	22536	1127	618	17,29	2130	194	5,32	59,2
14	ДБ 400х6х240х12	240	12	376	6	80,2	24343	1217	665	17,43	2765	230	5,87	62,9
15	ДБ 400х6х260х12	260	12	376	6	85,0	26150	1308	711	17,54	3516	270	6,43	66,7
16	ДБ 400х8х140х22	140	22	356	8	90,1	25037	1252	709	16,67	1008	144	3,34	70,7
17	ДБ 400х6х260х14	260	14	372	6	95,1	29703	1485	806	17,67	4102	316	6,57	74,7
18	ДБ 400х11х100х32	100	32	336	11	101,0	25200	1260	744	15,80	537	107	2,31	79,3
19	ДБ 400х10х130х28	130	28	344	10	107,2	28626	1431	825	16,34	1028	158	3,10	84,2
20	ДБ 400х11х120х32	120	32	336	11	113,8	29544	1477	862	16,12	925	154	2,85	89,3
21	ДБ 400х11х130х32	130	32	336	11	120,2	31716	1586	921	16,25	1175	181	3,13	94,3
22	ДБ 400х11х140х32	140	32	336	11	126,6	33889	1694	980	16,36	1467	210	3,40	99,3

№	Профіль	Розміри перерізу в мм				А см²	Ось Х-Х				Ось Y-Y			Маса, кг,м
		<i>b_f</i>	<i>t_f</i>	<i>h_w</i>	<i>t_w</i>		<i>I_x</i> см⁴	<i>W_x</i>	<i>S_x</i>	<i>i_x</i> см	<i>I_y</i> см⁴	<i>W_y</i>	<i>i_y</i> см	
23	ДБ 400х8х240х22	240	22	356	8	134,1	40772	2039	1125	17,44	5070	423	6,15	105,3
24	ДБ 400х10х180х30	180	30	340	10	142,0	40319	2016	1144	16,85	2919	324	4,53	111,5
25	ДБ 400х9х240х25	240	25	350	9	151,5	45466	2273	1263	17,32	5762	480	6,17	118,9
26	ДБ 400х9х260х25	260	25	350	9	161,5	48986	2449	1357	17,42	7325	563	6,73	126,8
27	ДБ 400х11х210х32	210	32	336	11	171,4	49094	2455	1392	16,93	4943	471	5,37	134,5
28	ДБ 400х14х170х40	170	40	320	14	180,8	48068	2403	1403	16,31	3283	386	4,26	141,9
29	ДБ 400х12х210х36	210	36	328	12	190,6	53776	2689	1537	16,80	5561	530	5,40	149,6
30	ДБ 400х16х170х45	170	45	310	16	202,6	52435	2622	1550	16,09	3695	435	4,27	159,0
31	ДБ 400х18х160х50	160	50	300	18	214,0	53383	2669	1603	15,79	3428	428	4,00	168,0
32	ДБ 400х12х260х36	260	36	328	12	226,6	65739	3287	1865	17,03	10550	812	6,82	177,8
33	ДБ 400х16х210х45	210	45	310	16	238,6	63838	3192	1870	16,36	6956	663	5,40	187,3
34	ДБ 400х14х260х40	260	40	320	14	252,8	71492	3575	2051	16,82	11725	902	6,81	198,4
35	ДБ 400х16х240х45	240	45	310	16	265,6	72390	3620	2109	16,51	10379	865	6,25	208,5
36	ДБ 400х16х250х45	250	45	310	16	274,6	75241	3762	2189	16,55	11729	938	6,54	215,6
37	ДБ 400х18х240х50	240	50	300	18	294,0	78050	3903	2303	16,29	11535	961	6,26	230,8
38	ДБ 400х18х260х50	260	50	300	18	314,0	84217	4211	2478	16,38	14661	1128	6,83	246,5
Зварні двотаври висотою 500 мм														
1	ДБ 500х7х100х8	100	8	484	7	49,9	16297	652	402	18,08	135	27	1,64	39,2
2	ДБ 500х7х100х9	100	9	482	7	51,7	17382	695	424	18,33	151	30	1,71	40,6
3	ДБ 500х7х130х8	130	8	484	7	54,7	19202	768	461	18,74	294	45	2,32	42,9
4	ДБ 500х7х150х8	150	8	484	7	57,9	21139	846	500	19,11	451	60	2,79	45,4
5	ДБ 500х7х140х10	140	10	480	7	61,6	23261	930	545	19,43	459	66	2,73	48,4
6	ДБ 500х7х160х10	160	10	480	7	65,6	25662	1026	594	19,78	684	86	3,23	51,5
7	ДБ 500х7х180х10	180	10	480	7	69,6	28063	1123	643	20,08	973	108	3,74	54,6
8	ДБ 500х7х170х12	170	12	476	7	74,1	30587	1223	696	20,31	984	116	3,64	58,2
9	ДБ 500х7х190х12	190	12	476	7	78,9	33445	1338	755	20,59	1373	145	4,17	62,0
10	ДБ 500х7х210х12	210	12	476	7	83,7	36303	1452	813	20,82	1854	177	4,71	65,7
11	ДБ 500х7х200х14	200	14	472	7	89,0	39211	1568	875	20,99	1868	187	4,58	69,9
12	ДБ 500х7х220х14	220	14	472	7	94,6	42518	1701	943	21,20	2486	226	5,13	74,3

№	Профіль	Розміри перерізу в мм				А см²	Ось Х-Х				Ось Y-Y			Маса, кг,м
		<i>b_f</i>	<i>t_f</i>	<i>h_w</i>	<i>t_w</i>		<i>I_x</i> см⁴	<i>W_x</i>	<i>S_x</i>	<i>i_x</i> см	<i>I_y</i> см⁴	<i>W_y</i>	<i>i_y</i> см	
13	ДБ 500x7x240x14	240	14	472	7	100,2	45826	1833	1011	21,38	3227	269	5,67	78,7
14	ДБ 500x7x260x14	260	14	472	7	105,8	49134	1965	1079	21,55	4102	316	6,23	83,1
15	ДБ 500x7x280x14	280	14	472	7	111,4	52441	2098	1147	21,69	5123	366	6,78	87,5
16	ДБ 500x7x240x18	240	18	464	7	118,9	56033	2241	1230	21,71	4149	346	5,91	93,3
17	ДБ 500x7x260x18	260	18	464	7	126,1	60216	2409	1316	21,85	5274	406	6,47	99,0
18	ДБ 500x8x220x22	220	22	456	8	133,3	61653	2466	1365	21,51	3906	355	5,41	104,6
19	ДБ 500x12x140x32	140	32	436	12	141,9	57426	2297	1333	20,12	1470	210	3,22	111,4
20	ДБ 500x9x220x25	220	25	450	9	150,5	68939	2758	1534	21,40	4439	404	5,43	118,1
21	ДБ 500x8x280x22	280	22	456	8	159,7	76744	3070	1680	21,92	8051	575	7,10	125,3
22	ДБ 500x10x210x30	210	30	440	10	170,0	76777	3071	1723	21,25	4634	441	5,22	133,5
23	ДБ 500x9x280x25	280	25	450	9	180,5	85876	3435	1890	21,81	9149	654	7,12	141,7
24	ДБ 500x9x300x25	300	25	450	9	190,5	91522	3661	2009	21,92	11253	750	7,69	149,5
25	ДБ 500x10x280x28	280	28	444	10	201,2	94728	3789	2097	21,70	10248	732	7,14	157,9
26	ДБ 500x10x300x28	300	28	444	10	212,4	100973	4039	2229	21,80	12604	840	7,70	166,7
27	ДБ 500x12x240x36	240	36	428	12	224,2	101035	4041	2279	21,23	8301	692	6,09	176,0
28	ДБ 500x12x260x36	260	36	428	12	238,6	108801	4352	2446	21,36	10552	812	6,65	187,3
29	ДБ 500x12x280x36	280	36	428	12	253,0	116567	4663	2613	21,47	13177	941	7,22	198,6
30	ДБ 500x14x260x40	260	40	420	14	266,8	118953	4758	2701	21,12	11727	902	6,63	209,4
31	ДБ 500x14x280x40	280	40	420	14	282,8	127438	5098	2885	21,23	14644	1046	7,20	222,0
32	ДБ 500x16x260x45	260	45	410	16	299,6	130694	5228	2998	20,89	13196	1015	6,64	235,2
33	ДБ 500x16x280x45	280	45	410	16	317,6	140040	5602	3203	21,00	16478	1177	7,20	249,3
34	ДБ 500x16x300x45	300	45	410	16	335,6	149387	5975	3407	21,10	20264	1351	7,77	263,4
35	ДБ 500x16x320x45	320	45	410	16	353,6	158733	6349	3612	21,19	24590	1537	8,34	277,6
36	ДБ 500x18x300x50	300	50	400	18	372,0	162100	6484	3735	20,87	22519	1501	7,78	292,0
37	ДБ 500x18x320x50	320	50	400	18	392,0	172267	6891	3960	20,96	27326	1708	8,35	307,7

№	Профіль	Розміри перерізу в мм				А см ²	Ось Х-Х				Ось Y-Y			Маса, кг,м
		b _f	t _f	h _w	t _w		I _x см ⁴	W _x	S _x	i _x см	I _y см ⁴	W _y	i _y см	
З в а р н і д в о т а в р и в и с о т о ю 6 0 0 м м														
1	ДБ 600x8x120x8	120	8	584	8	65,9	30102	1003	625	21,37	233	39	1,88	51,7
2	ДБ 600x8x140x8	140	8	584	8	69,1	32906	1097	673	21,82	368	53	2,31	54,3
3	ДБ 600x8x120x11	120	11	578	8	72,6	35773	1192	723	22,19	319	53	2,10	57,0
4	ДБ 600x8x140x11	140	11	578	8	77,0	39589	1320	788	22,67	506	72	2,56	60,5
5	ДБ 600x8x150x12	150	12	576	8	82,1	43861	1462	861	23,12	677	90	2,87	64,4
6	ДБ 600x8x170x12	170	12	576	8	86,9	48011	1600	932	23,51	985	116	3,37	68,2
7	ДБ 600x8x130x18	130	18	564	8	91,9	51604	1720	999	23,69	662	102	2,68	72,2
8	ДБ 600x8x120x22	120	22	556	8	97,3	55579	1853	1072	23,90	636	106	2,56	76,4
9	ДБ 600x8x180x16	180	16	568	8	103,0	61341	2045	1164	24,40	1558	173	3,89	80,9
10	ДБ 600x8x160x20	160	20	560	8	108,8	65553	2185	1242	24,55	1368	171	3,55	85,4
11	ДБ 600x8x160x22	160	22	556	8	114,9	70286	2343	1326	24,73	1504	188	3,62	90,2
12	ДБ 600x8x240x16	240	16	568	8	122,2	77716	2591	1444	25,21	3689	307	5,49	96,0
13	ДБ 600x9x160x25	160	25	550	9	129,5	78645	2621	1490	24,64	1710	214	3,63	101,7
14	ДБ 600x10x140x30	140	30	540	10	138,0	81414	2714	1562	24,29	1377	197	3,16	108,3
15	ДБ 600x8x280x18	280	18	564	8	145,9	97346	3245	1785	25,83	6588	471	6,72	114,5
16	ДБ 600x9x210x25	210	25	550	9	154,5	99322	3311	1850	25,35	3862	368	5,00	121,3
17	ДБ 600x12x140x36	140	36	528	12	164,2	94989	3166	1839	24,05	1654	236	3,17	128,9
18	ДБ 600x10x200x30	200	30	540	10	174,0	110682	3689	2075	25,22	4005	400	4,80	136,6
19	ДБ 600x8x320x22	320	22	556	8	185,3	129113	4304	2344	26,40	12017	751	8,05	145,4
20	ДБ 600x8x380x20	380	20	560	8	196,8	139590	4653	2518	26,63	18293	963	9,64	154,5
21	ДБ 600x14x170x40	170	40	520	14	208,8	123210	4107	2377	24,29	3287	387	3,97	163,9
22	ДБ 600x12x220x36	220	36	528	12	221,8	140857	4695	2652	25,20	6396	581	5,37	174,1
23	ДБ 600x12x240x36	240	36	528	12	236,2	152324	5077	2855	25,40	8302	692	5,93	185,4
24	ДБ 600x12x260x36	260	36	528	12	250,6	163791	5460	3058	25,57	10553	812	6,49	196,7
25	ДБ 600x12x280x36	280	36	528	12	265,0	175258	5842	3261	25,72	13179	941	7,05	208,0
26	ДБ 600x14x260x40	260	40	520	14	280,8	179754	5992	3385	25,30	11729	902	6,46	220,4
27	ДБ 600x16x240x45	240	45	510	16	297,6	184385	6146	3517	24,89	10385	865	5,91	233,6
28	ДБ 600x16x260x45	260	45	510	16	315,6	198276	6609	3767	25,06	13199	1015	6,47	247,7

ЗМ
АР
№ док.ум.
Підп
Да

МР 19220118 ПЗ

АР
85

№	Профіль	Розміри перерізу в мм				А см²	Ось Х-Х				Ось Y-Y			Маса, кг,м
		<i>b_f</i>	<i>t_f</i>	<i>h_w</i>	<i>t_w</i>		<i>I_x</i> см⁴	<i>W_x</i>	<i>S_x</i>	<i>i_x</i> см	<i>I_y</i> см⁴	<i>W_y</i>	<i>i_y</i> см	
21	ДБ 700х14х260х40	260	40	620	14	294,8	254594	7274	4105	29,39	11732	902	6,31	231,4
22	ДБ 700х14х280х40	280	40	620	14	310,8	272040	7773	4369	29,59	14649	1046	6,87	244,0
23	ДБ 700х18х220х50	220	50	600	18	328,0	265233	7578	4385	28,44	8902	809	5,21	257,5
24	ДБ 700х18х240х50	240	50	600	18	348,0	286400	8183	4710	28,69	11549	962	5,76	273,2
25	ДБ 700х18х260х50	260	50	600	18	368,0	307567	8788	5035	28,91	14676	1129	6,32	288,9
26	ДБ 700х18х280х50	280	50	600	18	388,0	328733	9392	5360	29,11	18322	1309	6,87	304,6
27	ДБ 700х18х300х50	300	50	600	18	408,0	349900	9997	5685	29,28	22529	1502	7,43	320,3
28	ДБ 700х18х320х50	320	50	600	18	428,0	371067	10602	6010	29,44	27336	1708	7,99	336,0
29	ДБ 700х18х340х50	340	50	600	18	448,0	392233	11207	6335	29,59	32782	1928	8,55	351,7
30	ДБ 700х16х420х45	420	45	610	16	475,6	436331	12467	6934	30,29	55587	2647	10,81	373,3
31	ДБ 700х16х450х45	450	45	610	16	502,6	465335	13295	7376	30,43	68365	3038	11,66	394,5
32	ДБ 700х18х420х50	420	50	600	18	528,0	476900	13626	7635	30,05	61769	2941	10,82	414,5
33	ДБ 700х18х450х50	450	50	600	18	558,0	508650	14533	8123	30,19	75967	3376	11,67	438,0
Зварні двотаври висотою 800 мм														
1	ДБ 800х11х160х11	160	11	778	11	120,8	97952	2449	1527	28,48	760	95	2,51	94,8
2	ДБ 800х11х190х11	190	11	778	11	127,4	108224	2706	1657	29,15	1266	133	3,15	100,0
3	ДБ 800х11х220х11	220	11	778	11	134,0	118497	2962	1787	29,74	1961	178	3,83	105,2
4	ДБ 800х11х200х14	200	14	772	11	140,9	128676	3217	1920	30,22	1875	188	3,65	110,6
5	ДБ 800х11х200х16	200	16	768	11	148,5	139882	3497	2065	30,69	2142	214	3,80	116,6
6	ДБ 800х11х200х18	200	18	764	11	156,0	150972	3774	2210	31,10	2408	241	3,93	122,5
7	ДБ 800х11х250х16	250	16	768	11	164,5	164472	4112	2379	31,62	4175	334	5,04	129,1
8	ДБ 800х11х280х16	280	16	768	11	174,1	179226	4481	2567	32,09	5862	419	5,80	136,7
9	ДБ 800х11х280х18	280	18	764	11	184,8	195009	4875	2773	32,48	6594	471	5,97	145,1
10	ДБ 800х11х280х20	280	20	760	11	195,6	210629	5266	2978	32,82	7326	523	6,12	153,5
11	ДБ 800х11х250х25	250	25	750	11	207,5	226432	5661	3195	33,03	6519	521	5,60	162,9
12	ДБ 800х11х340х20	340	20	760	11	219,6	247141	6179	3446	33,55	13110	771	7,73	172,4
13	ДБ 800х11х340х22	340	22	756	11	232,8	266044	6651	3696	33,81	14420	848	7,87	182,7
14	ДБ 800х11х260х32	260	32	736	11	247,4	282055	7051	3940	33,77	9382	722	6,16	194,2
15	ДБ 800х11х360х25	360	25	750	11	262,5	309047	7726	4261	34,31	19448	1080	8,61	206,1

№	Профіль	Розміри перерізу в мм				А см²	Ось Х-Х				Ось Y-Y			Маса, кг,м
		b _f	t _f	h _w	t _w		I _x см⁴	W _x	S _x	i _x см	I _y см⁴	W _y	i _y см	
16	ДБ 800х14х220х40	220	40	720	14	276,8	297924	7448	4251	32,81	7115	647	5,07	217,3
17	ДБ 800х16х200х45	200	45	710	16	293,6	304536	7613	4406	32,21	6024	602	4,53	230,5
18	ДБ 800х16х220х45	220	45	710	16	311,6	330218	8255	4745	32,55	8010	728	5,07	244,6
19	ДБ 800х16х240х45	240	45	710	16	329,6	355899	8897	5085	32,86	10392	866	5,62	258,7
20	ДБ 800х11х420х32	420	32	736	11	349,8	433138	10828	5906	35,19	39522	1882	10,63	274,6
21	ДБ 800х11х480х30	480	30	740	11	369,4	464250	11606	6297	35,45	55304	2304	12,24	290,0
22	ДБ 800х12х420х36	420	36	728	12	389,8	480184	12005	6571	35,10	44463	2117	10,68	306,0
23	ДБ 800х12х450х36	450	36	728	12	411,4	511727	12793	6983	35,27	54685	2430	11,53	322,9
24	ДБ 800х14х420х40	420	40	720	14	436,8	529178	13229	7291	34,81	49408	2353	10,64	342,9
25	ДБ 800х14х450х40	450	40	720	14	460,8	563866	14097	7747	34,98	60766	2701	11,48	361,7
26	ДБ 800х18х360х50	360	50	700	18	486,0	558450	13961	7853	33,90	38914	2162	8,95	381,5
27	ДБ 800х16х450х45	450	45	710	16	518,6	625555	15639	8653	34,73	68368	3039	11,48	407,1
28	ДБ 800х18х420х50	420	50	700	18	546,0	642950	16074	8978	34,32	61774	2942	10,64	428,6
29	ДБ 800х18х450х50	450	50	700	18	576,0	685200	17130	9540	34,49	75972	3377	11,48	452,2
30	ДБ 800х18х480х50	480	50	700	18	606,0	727450	18186	10103	34,65	92194	3841	12,33	475,7
31	ДБ 800х18х500х50	500	50	700	18	626,0	755617	18890	10478	34,74	104201	4168	12,90	491,4
Зварні двотаври висотою 900 мм														
1	ДБ 900х12х180х12	180	12	876	12	148,3	152390	3386	2110	32,05	1179	131	2,82	116,4
2	ДБ 900х12х210х12	210	12	876	12	155,5	166585	3702	2270	32,73	1865	178	3,46	122,1
3	ДБ 900х12х190х16	190	16	868	12	165,0	184191	4093	2474	33,42	1842	194	3,34	129,5
4	ДБ 900х12х220х16	220	16	868	12	174,6	202948	4510	2686	34,10	2852	259	4,04	137,0
5	ДБ 900х12х250х16	250	16	868	12	184,2	221705	4927	2898	34,70	4179	334	4,76	144,6
6	ДБ 900х12х210х22	210	22	856	12	195,1	240834	5352	3127	35,13	3408	325	4,18	153,2
7	ДБ 900х12х210х25	210	25	850	12	207,0	262444	5832	3381	35,61	3871	369	4,32	162,5
8	ДБ 900х12х200х30	200	30	840	12	220,8	286430	6365	3668	36,02	4012	401	4,26	173,3
9	ДБ 900х12х210х32	210	32	836	12	234,7	311693	6927	3965	36,44	4951	472	4,59	184,3
10	ДБ 900х12х400х18	400	18	864	12	247,7	344589	7658	4295	37,30	19212	961	8,81	194,4
11	ДБ 900х12х320х25	320	25	850	12	262,0	367746	8172	4584	37,46	13666	854	7,22	205,7

№	Профіль	Розміри перерізу в мм				А см²	Ось Х-Х				Ось Y-Y			Маса, кг,м
		<i>b_f</i>	<i>t_f</i>	<i>h_w</i>	<i>t_w</i>		<i>I_x</i> см⁴	<i>W_x</i>	<i>S_x</i>	<i>i_x</i> см	<i>I_y</i> см⁴	<i>W_y</i>	<i>i_y</i> см	
12	ДБ 900х12х400х22	400	22	856	12	278,7	401982	8933	4962	37,98	23479	1174	9,18	218,8
13	ДБ 900х12х320х30	320	30	840	12	292,8	422726	9394	5234	38,00	16396	1025	7,48	229,8
14	ДБ 900х16х200х45	200	45	810	16	309,6	400124	8892	5160	35,95	6028	603	4,41	243,0
15	ДБ 900х16х220х45	220	45	810	16	327,6	433050	9623	5544	36,36	8014	729	4,95	257,2
16	ДБ 900х16х240х45	240	45	810	16	345,6	465977	10355	5929	36,72	10396	866	5,48	271,3
17	ДБ 900х12х530х25	530	25	850	12	367,0	568777	12639	6881	39,37	62044	2341	13,00	288,1
18	ДБ 900х12х480х30	480	30	840	12	388,8	604454	13432	7322	39,43	55308	2305	11,93	305,2
19	ДБ 900х12х520х30	520	30	840	12	412,8	649886	14442	7844	39,68	70316	2704	13,05	324,0
20	ДБ 900х12х530х32	530	32	836	12	439,5	697621	15503	8409	39,84	79413	2997	13,44	345,0
21	ДБ 900х18х320х50	320	50	800	18	464,0	655467	14566	8240	37,59	27346	1709	7,68	364,2
22	ДБ 900х16х400х45	400	45	810	16	489,6	729389	16209	9007	38,60	48028	2401	9,90	384,3
23	ДБ 900х14х500х40	500	40	820	14	514,8	804460	17877	9777	39,53	83352	3334	12,72	404,1
24	ДБ 900х18х400х50	400	50	800	18	544,0	800133	17781	9940	38,35	53372	2669	9,91	427,0
25	ДБ 900х16х500х45	500	45	810	16	579,6	894021	19867	10931	39,27	93778	3751	12,72	455,0
26	ДБ 900х16х530х45	530	45	810	16	606,6	943411	20965	11508	39,44	111685	4215	13,57	476,2
27	ДБ 900х18х500х50	500	50	800	18	644,0	980967	21799	12065	39,03	104206	4168	12,72	505,5
28	ДБ 900х18х530х50	530	50	800	18	674,0	1035217	23005	12703	39,19	124103	4683	13,57	529,1
29	ДБ 900х18х560х50	560	50	800	18	704,0	1089467	24210	13340	39,34	146386	5228	14,42	552,6

№	Профіль	Розміри перерізу в мм				А см ²	Ось Х-Х				Ось Y-Y			Маса, кг,м
		<i>b_f</i>	<i>t_f</i>	<i>h_w</i>	<i>t_w</i>		<i>I_x</i> см ⁴	<i>W_x</i>	<i>S_x</i>	<i>i_x</i> см	<i>I_y</i> см ⁴	<i>W_y</i>	<i>i_y</i> см	
З в а р н і д в о т а в р и в и с о т о ю 1 0 0 0 м м														
1	ДБ 1000х14х200х14	200	14	972	14	192,1	243255	4865	3034	35,59	1889	189	3,14	150,8
2	ДБ 1000х14х240х14	240	14	972	14	203,3	270478	5410	3310	36,48	3248	271	4,00	159,6
3	ДБ 1000х14х250х16	250	16	968	14	215,5	299490	5990	3608	37,28	4189	335	4,41	169,2
4	ДБ 1000х14х260х18	260	18	964	14	228,6	330192	6604	3924	38,01	5295	407	4,81	179,4
5	ДБ 1000х14х300х18	300	18	964	14	243,0	364911	7298	4278	38,75	8122	541	5,78	190,7
6	ДБ 1000х14х340х18	340	18	964	14	257,4	399631	7993	4631	39,41	11813	695	6,78	202,0
7	ДБ 1000х14х280х25	280	25	950	14	273,0	432819	8656	4992	39,82	9168	655	5,80	214,3
8	ДБ 1000х14х250х32	250	32	936	14	291,0	470616	9412	5405	40,21	8355	668	5,36	228,5
9	ДБ 1000х14х400х22	400	22	956	14	309,8	522858	10457	5903	41,08	23489	1174	8,71	243,2
10	ДБ 1000х14х250х40	250	40	920	14	328,8	551914	11038	6281	40,97	10438	835	5,63	258,1
11	ДБ 1000х14х340х32	340	32	936	14	348,6	605596	12112	6799	41,68	20984	1234	7,76	273,7
12	ДБ 1000х16х250х45	250	45	910	16	370,6	613870	12277	7028	40,70	11750	940	5,63	290,9
13	ДБ 1000х14х520х25	520	25	950	14	393,0	718069	14361	7917	42,75	58608	2254	12,21	308,5
14	ДБ 1000х14х360х40	360	40	920	14	416,8	754783	15096	8393	42,55	31125	1729	8,64	327,2
15	ДБ 1000х14х520х30	520	30	940	14	443,6	831037	16621	9112	43,28	70325	2705	12,59	348,2
16	ДБ 1000х14х530х32	530	32	936	14	470,2	890555	17811	9742	43,52	79422	2997	13,00	369,1
17	ДБ 1000х14х460х40	460	40	920	14	496,8	939210	18784	10313	43,48	64912	2822	11,43	390,0
18	ДБ 1000х16х420х45	420	45	910	16	523,6	962978	19260	10681	42,89	55597	2647	10,30	411,0
19	ДБ 1000х14х530х40	530	40	920	14	552,8	1068308	21366	11657	43,96	99272	3746	13,40	433,9
20	ДБ 1000х18х420х50	420	50	900	18	582,0	1057850	21157	11798	42,63	61784	2942	10,30	456,9
21	ДБ 1000х16х520х45	520	45	910	16	613,6	1168335	23367	12830	43,64	105487	4057	13,11	481,7
22	ДБ 1000х16х560х45	560	45	910	16	649,6	1250478	25010	13689	43,87	131743	4705	14,24	509,9
23	ДБ 1000х16х600х45	600	45	910	16	685,6	1332621	26652	14549	44,09	162031	5401	15,37	538,2
24	ДБ 1000х18х560х50	560	50	900	18	722,0	1374017	27480	15123	43,62	146390	5228	14,24	566,8
25	ДБ 1000х18х600х50	600	50	900	18	762,0	1464350	29287	16073	43,84	180044	6001	15,37	598,2

№	Профіль	Розміри перерізу в мм				А см ²	Ось Х-Х				Ось Y-Y			Маса, кг,м
		<i>b_f</i>	<i>t_f</i>	<i>h_w</i>	<i>t_w</i>		<i>I_x</i> см ⁴	<i>W_x</i>	<i>S_x</i>	<i>i_x</i> см	<i>I_y</i> см ⁴	<i>W_y</i>	<i>i_y</i> см	
З в а р н і д в о т а в р и в и с о т о ю 1 1 0 0 м м														
1	ДБ 1100х16х220х16	220	16	1068	16	241,3	369250	6714	4189	39,12	2876	261	3,45	189,4
2	ДБ 1100х16х260х16	260	16	1068	16	254,1	406854	7397	4536	40,02	4723	363	4,31	199,5
3	ДБ 1100х16х250х20	250	20	1060	16	269,6	450435	8190	4947	40,87	5245	420	4,41	211,6
4	ДБ 1100х16х360х16	360	16	1068	16	286,1	500866	9107	5403	41,84	12478	693	6,60	224,6
5	ДБ 1100х16х240х28	240	28	1044	16	301,4	537933	9781	5782	42,24	6487	541	4,64	236,6
6	ДБ 1100х16х240х32	240	32	1036	16	319,4	586389	10662	6248	42,85	7408	617	4,82	250,7
7	ДБ 1100х16х340х25	340	25	1050	16	338,0	645579	11738	6774	43,70	16413	965	6,97	265,3
8	ДБ 1100х16х320х30	320	30	1040	16	358,4	699678	12721	7299	44,18	16419	1026	6,77	281,3
9	ДБ 1100х16х300х36	300	36	1028	16	380,5	756415	13753	7859	44,59	16235	1082	6,53	298,7
10	ДБ 1100х16х300х40	300	40	1020	16	403,2	815974	14836	8441	44,99	18035	1202	6,69	316,5
11	ДБ 1100х16х520х25	520	25	1050	16	428,0	905642	16466	9193	46,00	58623	2255	11,70	336,0
12	ДБ 1100х16х480х30	480	30	1040	16	454,4	974526	17719	9867	46,31	55331	2305	11,03	356,7
13	ДБ 1100х16х560х28	560	28	1044	16	480,6	1052884	19143	10584	46,80	81990	2928	13,06	377,3
14	ДБ 1100х16х480х36	480	36	1028	16	510,1	1123354	20425	11307	46,93	66390	2766	11,41	400,4
15	ДБ 1100х18х360х50	360	50	1000	18	540,0	1143000	20782	11700	46,01	38929	2163	8,49	423,9
16	ДБ 1100х16х630х32	630	32	1036	16	569,0	1298351	23606	12912	47,77	133394	4235	15,31	446,6
17	ДБ 1100х18х420х50	420	50	1000	18	600,0	1308500	23791	13275	46,70	61789	2942	10,15	471,0
18	ДБ 1100х16х650х36	650	36	1028	16	632,5	1469908	26726	14562	48,21	164810	5071	16,14	496,5
19	ДБ 1100х16х630х40	630	40	1020	16	667,2	1557902	28325	15437	48,32	166733	5293	15,81	523,8
20	ДБ 1100х16х600х45	600	45	1010	16	701,6	1640868	29834	16283	48,36	162034	5401	15,20	550,8
21	ДБ 1100х18х560х50	560	50	1000	18	740,0	1694667	30812	16950	47,85	146395	5228	14,07	580,9
22	ДБ 1100х18х600х50	600	50	1000	18	780,0	1805000	32818	18000	48,11	180049	6002	15,19	612,3
23	ДБ 1100х18х650х50	650	50	1000	18	830,0	1942917	35326	19313	48,38	228903	7043	16,61	651,6

ЗМ	АР	№ док.ум.	Підп	Да	МР 19220118 ПЗ	№	Профіль	Розміри перерізу в мм				А см²	Ось Х-Х				Ось Y-Y			Маса, кг,м
								b _f	t _f	h _w	t _w		I _x см⁴	W _x	S _x	i _x см	I _y см⁴	W _y	i _y см	
З в а р н і д в о т а в р и в и с о т о ю 1 2 0 0 м м																				
1	ДБ 1200х16х240х16	240	16	1168	16	263,7	481628	8027	5002	42,74	3726	311	3,76	207,0						
2	ДБ 1200х16х280х16	280	16	1168	16	276,5	526490	8775	5381	43,64	5894	421	4,62	217,0						
3	ДБ 1200х16х240х22	240	22	1156	16	290,6	572365	9539	5783	44,38	5108	426	4,19	228,1						
4	ДБ 1200х16х280х22	280	22	1156	16	308,2	633430	10557	6301	45,34	8089	578	5,12	241,9						
5	ДБ 1200х16х240х30	240	30	1140	16	326,4	690451	11508	6811	45,99	6951	579	4,61	256,2						
6	ДБ 1200х16х400х20	400	20	1160	16	345,6	765133	12752	7411	47,05	21373	1069	7,86	271,3						
7	ДБ 1200х16х360х25	360	25	1150	16	364,0	824158	13736	7933	47,58	19479	1082	7,32	285,7						
8	ДБ 1200х16х340х30	340	30	1140	16	386,4	895831	14931	8566	48,15	19691	1158	7,14	303,3						
9	ДБ 1200х16х380х30	380	30	1140	16	410,4	977983	16300	9268	48,82	27475	1446	8,18	322,2						
10	ДБ 1200х16х320х40	320	40	1120	16	435,2	1048849	17481	9933	49,09	21884	1368	7,09	341,6						
11	ДБ 1200х16х500х28	500	28	1144	16	463,0	1161318	19355	10821	50,08	58372	2335	11,23	363,5						
12	ДБ 1200х16х480х32	480	32	1136	16	489,0	1243453	20724	11551	50,43	59021	2459	10,99	383,8						
13	ДБ 1200х16х560х30	560	30	1140	16	518,4	1347667	22461	12427	50,99	87847	3137	13,02	406,9						
14	ДБ 1200х16х460х40	460	40	1120	16	547,2	1425766	23763	13181	51,04	64929	2823	10,89	429,6						
15	ДБ 1200х16х500х40	500	40	1120	16	579,2	1533457	25558	14109	51,45	83372	3335	12,00	454,7						
16	ДБ 1200х16х600х36	600	36	1128	16	612,5	1655121	27585	15116	51,98	129639	4321	14,55	480,8						
17	ДБ 1200х16х650х36	650	36	1128	16	648,5	1777100	29618	16164	52,35	164814	5071	15,94	509,1						
18	ДБ 1200х16х700х36	700	36	1128	16	684,5	1899080	31651	17211	52,67	205839	5881	17,34	537,3						
19	ДБ 1200х18х530х50	530	50	1100	18	728,0	1953067	32551	17960	51,80	124118	4684	13,06	571,5						
20	ДБ 1200х16х650х45	650	45	1110	16	762,6	2134350	35572	19356	52,90	206007	6339	16,44	598,6						
21	ДБ 1200х16х700х45	700	45	1110	16	807,6	2284503	38075	20655	53,19	257288	7351	17,85	634,0						
22	ДБ 1200х18х650х50	650	50	1100	18	848,0	2350067	39168	21410	52,64	228908	7043	16,43	665,7						
23	ДБ 1200х18х700х50	700	50	1100	18	898,0	2515483	41925	22848	52,93	285887	8168	17,84	704,9						

АР	92
----	----

Додаток Б

ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Б.1. Загальні принципи організації системи охорони праці

Система охорони праці на заводах металевих конструкцій повинна охоплювати усі технологічні процеси, зокрема:

- вантажно-розвантажувальні роботи, які виконуються механізованими пристроями та вручну;
- переміщення вантажів вантажопідіймальними кранами, транспортними візками, конвеєрами, вручну;
- механічне та хімічне очищення металопрокату й конструкцій;
- розмічальні роботи та виготовлення шаблонів;
- обробка металів різанням (фрезерування, стругання, свердління, різання ножівковими полотнами і дисковими пилами, шліфування);
- обробка металів тиском (правильно-згинальні роботи, різання на ножицях і пресах, пробивання отворів, штампування);
- електричне та газове зварювання, термічне різання металів;
- нанесення протикорозійних захисно-декоративних лакофарбових і металевих покриттів (фарбування та газотермічне напилювання).

Викладені нижче заходи з охорони праці розроблені на підставі норм [6], галузевої інструкції з охорони праці [40] та навчальних видань [41].

На кожний технологічний процес повинна розроблятися технологічна документація, де відображаються конструкція та розміри виробів, режим обробки, інструмент, зазначаються місця і засоби кріплення деталей, що забезпечують їх стійке положення в процесі виготовлення, а також засоби індивідуального захисту для працюючих кожної професії. При цьому повинно бути передбачено усунення впливу на працюючих шкідливих виробничих факторів, до яких входять:

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		93

- рухомі машини, механізми, елементи виробничого устаткування, вироби, заготовки та матеріали;
- підвищеної чи зниженої температури й вологості повітря, поверхонь обладнання, елементів конструкції;
- підвищеної запиленості і загазованості повітря;
- дрібнодисперсного пилу та газів, що містять у своєму складі токсичні компоненти оброблюваних металів і лакофарбових матеріалів;
- підвищеного рівня шуму, ультразвуку, вібрації;
- небезпечного рівня електричної напруги, підвищеного рівня статичної електрики та напруженості магнітного поля;
- відсутності чи недостатності природного світла, недостатньої освітленості;
- підвищеної яскравості світла, зниженої контрастності;
- підвищеного рівня ультрафіолетової та інфрачервоної радіації;
- інтенсивного випромінювання зварювальної дуги;
- фізичних та нервово-психічних перевантажень унаслідок перенапруго органів чуття та монотонності праці;
- гострих крайок, заусенців, шорсткості на поверхнях заготовок, інструментів і устаткування;
- розташування робочого місця на значній висоті щодо поверхні підлоги.

Б.2. Вимоги до персоналу, що бере участь у виробничих процесах

До виконання виробничих процесів по виготовленню конструкцій допускаються особи не молодше 18 років відповідної спеціальності і кваліфікації, що не мають медичних протипоказань, пройшли інструктаж і навчання за спеціальністю і по безпеці праці. Конкретні вимоги до персоналі при виконанні окремих виробничих процесів повинні відповідати нормативним документам, вказаним в інструкції [40].

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						94
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Допуск працівників до виконання виробничих процесів виготовлення конструкцій повинен проводитися відповідно до «Переліку робіт з підвищеною небезпекою», затвердженого наказом Державного Комітету України по нагляду за охороною праці, № 123, та статтею 15 Закону України «Про охорону праці» за результатами медичного огляду, навчання за відповідною спеціальністю та інструктажу з охорони праці.

Інженерно-технічні працівники, відповідальні за проведення виробничих процесів, при призначенні на посаду повинні проходити перевірку знань нормативно-технічної документації по здійсненню технологічних процесів, правил пожежної безпеки, електробезпеки і виробничої санітарії, будові та правилах безпечної експлуатації технологічного обладнання.

Робітники та інженерно-технічні працівники, зайняті у виробничих процесах виготовлення конструкцій, повинні забезпечуватися засобами індивідуального й колективного захисту від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів згідно з затвердженою номенклатурою таких засобів. Засоби індивідуального захисту повинні відповідати нормативно-технічній документації на їх виготовлення, знаходитися в справному стані протягом усього терміну служби. Контроль за станом, правильним збереженням і використанням засобів індивідуального захисту покладається на адміністрацію заводу. Контрольні огляди, випробування, приймання і ремонт засобів індивідуального захисту повинні виконуватися відповідно до нормативно-технічної документації на їх виготовлення.

Контроль безпеки праці здійснюється шляхом періодичної перевірки шкідливих факторів мікроклімату виробничих приміщень. Раз на шість місяців і після змін в технологічному процесі (зміні устаткування, пристосувань, режимів роботи) проводиться технічний огляд робочих місць, а також контроль за пожежною безпекою, електробезпекою та засобами індивідуального захисту органів дихання. Результати технічного огляду робочих місць фіксуються в паспорті санітарно-технічного стану та в журналі технічного огляду.

					МР 19220118 ПЗ	Аркуш
						95
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Б.3. Вимоги до виробничих приміщень та обладнання

Приміщення, у яких здійснюються виробничі процеси з виготовлення конструкцій, повинні відповідати нормативним документам з проектування виробничих будівель, пожежної безпеки та виробничої санітарії. При цьому повинні виконуватися вимоги чинних норм до:

- чистоти повітря робочих зон виробничих приміщень;
- загальобмінної і місцевої вентиляції, опалення і кондиціонування повітря;
- рівня шуму і заходів захисту від шуму на робочих місцях;
- вібробезпечних умов праці і рівня вібрації на робочих місцях;
- систем протипожежного, протидимного захисту та засобів пожежегасіння;
- рівні звукового тиску на робочих місцях;
- очищення викидів повітря з виробничих приміщень;
- концентрації шкідливих речовин у стічних водах;
- перекриття тунелів, траншей та колодязів для комунікацій, люків для обслуговування і ремонту устаткування;
- природного і штучного освітлення виробничих приміщень, у тому числі переносних світильників;
- колірного оздоблення інтер'єрів, чистоти стін, вікон, ліхтарів і світильників.

Технологічне обладнання, що використовується для виготовлення сталевих будівельних конструкцій, повинне розміщуватися відповідно до вимог чинних стандартів та правил техніки безпеки, перелічених у розділі 5 інструкції [40] для різних типів обладнання й устаткування. Окрім виробничого устаткування, нормується розміщення технологічних трубопроводів для кисню, ємкостей, що працюють під тиском, водопровідних та каналізаційних мереж. Усі трубопроводи виділяються розпізнавальним фарбуванням.

Розміщення виробничого устаткування повинно забезпечувати безпеку і зручність виконання робіт, потоковість виробництва при мінімальних відстанях транспортування, виключати зустрічні і перехресні вантажопотоки. Ширина

проходів і проїздів, відстань між устаткуванням і елементами будинків, устаткуванням і комунікаціями повинні відповідати:

- Нормам технологічного проектування та Посібнику з проектування заводів металоконструкцій;
- Санітарним правилам при зварюванні, наплавленні, різанні металів;
- Правилам пожежної безпеки при проведенні зварювальних робіт і інших вогневих робіт на об'єктах народного господарства;
- Правилам і нормам техніки безпеки, пожежної безпеки і виробничої санітарії для фарбувальних цехів заводів з виготовлення металоконструкцій.

Границі робочих місць, проходів, проїздів, місць складування, інженерних комунікацій, залізничних колій і небезпечних зон позначаються знаками безпеки. Робочі місця в залежності від умов роботи і прийнятої технології виконання робіт повинні бути забезпечені відповідною нормативно-технологічною документацією, інструкціями з охорони праці, організаційно-технічним оснащенням, засобами колективного захисту, зв'язку, сигналізації.

У міру нагромадження на робочих місцях готової продукції і відходів вони повинні вчасно вивозитися в спеціально відведені місця. Захаращеність робочих місць, проходів, проїздів не допускається.

На робочих місцях, розташованих вище 1,3 м від рівня землі (підлоги) чи суцільного перекриття, повинні влаштовуватися площадки з негорючого матеріалу, обладнані огороженнями висотою не менше 1,2 м.

Розміщення постів зварювання в середовищі захисних газів має виключати можливість проникнення захисних газів у суміжні приміщення.

Дробоструменеві установки повинні бути ізольовані від інших виробничих ділянок цегляними, залізобетонними чи металевими перегородками, облицьовані звукоізолюючими матеріалами. Робочі місця для механічного та ручного очищення повинні бути обгороджені переносними щитами і оснащені переносними підставками для механізованого інструмента.

Ділянки хімічного очищення слід розташовувати біля зовнішніх стін для створення умов природного освітлення і провітрювання незалежно від наявності штучної вентиляції. Допускається розміщення невеликих ділянок не в інших зонах за умов достатньої освітленості і природної аерації через ліхтарі.

Приміщення фарбувальних цехів і відділень, фарбоприготувальних відділень, а також фарбувально-сушильне устаткування повинні бути оснащені засобами пожежегасіння і пожежною сигналізацією.

Б.4. Вимоги до матеріалів, заготовок та умов їх зберігання

Метал і матеріали, що застосовуються при виготовленні конструкцій, повинні відповідати вимогам відповідних технологічних процесів і мати сертифікати заводів-виготовлювачів. Матеріали, що не мають сертифікатів, можуть бути допущені до застосування з дозволу головного інженера заводу після перевірки їх на відповідність державним стандартам і технічним умовам.

Матеріали, які застосовуються при виконанні електрозварювальних робіт (електроди, зварювальний дріт тощо), повинні вибиратися з урахуванням найменшого шкідливого впливу на робітників і відповідати чинним стандартам. Не допускається застосування для електродів матеріалів, що виділяють при зварюванні радіоактивні ізотопи у виді пари і виступають джерелом іонізуючих випромінювань. Електроди і флюси перед вживанням повинні просушуватися чи прожарюватися при режимах, зазначених у технічних умовах і паспортах. Зварювальний дріт повинен очищатися від іржі, жирів і інших забруднень.

Мастильно-охолоджувальні рідини, гази, стиснуте повітря, дріб для дробеметного та дробеструменевого очищення металопродукату чи конструкцій, пиломатеріали, лакофарбові матеріали, розчинники повинні відповідати стандартам і технічним умовам, вказаним в [40], і мати аналітичні паспорти. Застосування нових лакофарбових матеріалів допускається за узгодженням з провідною організацією галузі в області протикорозійного захисту.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
						98
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Зберігання вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів та готових виробів повинне здійснюватися на складах, які обладнані й утримуються у відповідності з вимогами будівельних, санітарних і протипожежних норм і правил. Умови зберігання з повинні відповідати вимогам нормативних документів вказаних в розділі 7 інструкції [40].

Метал слід зберігати у штабелях чи стелажах, розсортованим і замаркованим по профілях, марках і плавках. Сталь слід зберігати в закритих приміщеннях з укладанням у стійкі штабелі. При зберіганні сталі на відкритому повітрі їй слід надавати ухил, забезпечуючи стік води. Висота укладання прокату в стелажах не повинна перевищувати 3 м, у відкритих штабелях 1,5 м, труб у штабелях – 3 м. При зберіганні в штабелях нижній ряд труб повинен бути закріплений.

Метал для зберігання слід укладати на підкладки, контакт металу з ґрунтом чи підлогою не допускається. Між рядами листового металу в штабелях слід укладати поперечні прокладки, розташовуючи їх в одній вертикальній площині. Дерев'яні чи металеві підкладки і прокладки роблять не круглого перетину, довжиною не менше ширини штабеля і товщиною, зручною для стропування. Сталеві плоскі підкладки і прокладки, що використовуються в штабелях, повинні мати крайки з закругленими кутами без заусенців.

Деталі площею 0,1...0,25 м² повинні зберігатися в штабелях висотою не більше 0,6 м. Деталі площею до 0,1 м² зберігають і транспортують в тарі. Висота укладання деталей у тарі повинна бути на 10 см нижче її бортів.

Складування металопрокату на робочих місцях повинне виконуватися з дотриманням наступних розмірів:

- від фронту устаткування до місця складування - 1,0...1,6 м, між тильною стороною устаткування і місцем складування - 1,0...1,2 м;
- між бічною стороною устаткування і місцем складування 1,0...2,0 м.

Зварювальні матеріали (електроди, флюс, дріт) зберігають окремо по марках і партіях у теплому і сухому приміщенні. Флюс слід зберігати в закритій тарі. Просушені і прожарені електроди зберігають окремо від непросушених.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
						99
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Зберігання і транспортування мастильно-охолоджуючої рідини повинне здійснюватися в чистих сталевих резервуарах, цистернах, бочках і банках чи в інших ємкостях з білої жерсті, оцинкованого листа чи пластмас.

Цинковий пил зберігають в металевих ємкостях, що закриваються, у пожежобезпечних місцях. Алюмінієва пудра повинна зберігатися в упакованні підприємства-виготовлювача в сухих складських приміщеннях при температурі не вище 35°C. Поблизу місць зберігання пудри не повинні знаходитися хімічно активні речовини.

Хімічні речовини повинні зберігатися в спеціально призначеній для даної речовини справній і закритій тарі з відповідним написом і в спеціально обладнаних приміщеннях (коморах), роздільно по групах у залежності від їх здатності до хімічного впливу. На складах зберігання і у місцях використання кислот повинні бути резервні ємкості для аварійного зливу кислот, кислотостійкі насоси, пересувні фільтри, гумовий шланг зі спеціальним наконечником, що створює напір струменя для змивання кислоти, що потрапила на тіло робітника. Тара, звільнена з-під кислот, повинна зберігатися в приміщенні, недоступному для сторонніх осіб.

Відходи виробництва і обтиральний матеріал повинні збиратися в призначеній для цього тарі і вивозитися в спеціально відведені місця. В міру нагромадження використаних обтиральних матеріалів, але не рідше одного разу за зміну, тара повинна очищатися.

При складуванні готових конструкцій слід дотримуватися таких вимог:

- конструкції мають бути покладені на підкладки, відстань між якими повинна виключати утворення залишкових деформацій;
- багатоярусних штабелях між елементами повинні бути покладені прокладки по одній вертикалі з підкладками;
- ферми та балки слід зберігати у вертикальному положенні;
- конструкції не повинні стикатися з ґрунтом;
- на конструкціях не повинна застоюватися вода.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
						100
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Б.5. Вимоги до безпеки здійснення виробничих процесів

Вантажно-розвантажувальні та транспортні роботи.

Вантажно-розвантажувальні роботи та переміщення вантажів треба виконувати відповідно до вимог стандартів, норм і правил техніки безпеки для відповідного типу транспортних засобів. Транспортні засоби та обладнання повинні відповідати чинним стандартам, переліченим в інструкції [40].

Вантажно-розвантажувальні роботи, що виконуються електричними магнітними кранами, слід здійснювати відповідно до вимог правил обслуговування і техніки безпеки, наведених в інструкції заводу-виробника.

Відключати вантажний магніт з піднятим вантажем допускається тільки в місцях розвантаження, при цьому максимальне вільне падіння вантажу не повинне перевищувати 0,5 м.

Навантаження-розвантаження рідких вантажів необхідно виконувати шляхом перекачування їх через справні рукави та труби.

При розвантаженні і розкладці штучних вантажів кранами-штабелерами вантажі повинні знаходитися в уніфікованій тарі.

Навантаження, вивантаження і транспортування бутлів з кислотою виконувати з використанням вантажопідіймальних засобів забороняється.

Навантаження і розвантаження гарячих вантажів, вантажів, що порошать, і вантажів масою більше 20 кг слід виконувати механізованим способом.

Стропування вантажу повинне виконуватися у відповідності зі схемами, розробленими і затвердженими у встановленому порядку.

Деталі з профільного прокату довжиною до 750 мм і з листа площею менше 0,1м² повинні транспортуватися в спеціальній тарі.

Кожне місце вантажу повинне надійно закріплюватися в кузові автомобіля, щоб уникнути його переміщення чи перекидання під час руху, зупинок або повороту транспорту. При багаторядному розміщенні вантажу кожний ряд повинен укладатися на міцні дерев'яні прокладки, що охороняють нижній ряд від пошкодження під час перевезення.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
						101
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Транспортування пилоподібних матеріалів слід виконувати в закритих ємкостях, виключивши їх розпилення в процесі навантаження і розвантаження.

Вантажі, що вимагають під час перевезення спостереження, повинні транспортуватися в супроводі особи, обізнаної про небезпечні і шкідливі властивості цих вантажів і способу їх перевезення.

При транспортуванні вантажів по території заводу і у цехах необхідно дотримуватися встановлених на заводі правил руху транспорту. Проїзд допускається в дозволених місцях і з установленою швидкістю.

Згідно з «Нормами гранично допустимих навантажень для жінок при переміщенні ваги вручну», норма перенесення вантажів вручну по рівній і горизонтальній поверхні не повинна перевищувати для :

- чоловіків більше 18 років - 50 кг;
- жінок більше 18 років – 7 кг;
- при переміщенні ваги при чергуванні з іншою роботою - до 10 кг;
- при переміщенні ваги постійно протягом робочої зміни - до 7 кг.

Очищення металопрокату та готових конструкцій.

Організація та здійснення процесів очищення металопрокату і конструкцій від продуктів корозії і інших забруднень механічною і хімічною обробками повинні виконуватися відповідно до вимог чинних нормативних документів у галузі безпеки праці. Дробометна і дробоструменева обробка металопрокату чи конструкцій з наступним очищенням їх поверхонь від пилоподібних залишків і дробу повинні бути механізовані і виконуватися в спеціальних камерах. Завантаження й відбір конструкцій з дробоструменевих камер, а також відкривання дверей у дробометних і дробоструменевих камерах повинні виконуватися при відключених апаратах та після повного осідання пилу. Повітря, що подається під пневмошолом чистильника, повинне відповідати санітарно-гігієнічним вимогам. Подача розчинів для травлення повинна здійснюватися централізовано по трубопроводах чи із застосуванням засобів малої механізації.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
						102
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Роботи з правки та гнуття металу.

Заправляти і підправляти прокат чи вироби в валках або у напрямних роликах листоправильних чи листогнуттєвих вальців слід за допомогою ломика при вимкнених вальцях і піднятих верхніх валках. Очищення валків від іржі чи окалини, що прилипла до них, повинне виконуватися шкребками з довгою ручкою після повної зупинки валків.

Виправлення листів зі значними місцевими деформаціями на листоправильних вальцях повинне виконуватися за допомогою виправленого підкладного листа, що не має тріщин. Дрібні деталі слід правити на спеціальних «малих» вальцях. Допускається виправлення дрібних деталей на великих вальцях з використанням підкладного листа. Деталі, які укладаються на підкладний лист, повинні бути однакової товщини.

Короткі листи і профільний прокат під час згинання підтримуються кліщами на відстані не менше 300 мм від згинального інструмента.

Виправлення грибовидності зварених двотаврових балок повинне виконуватися після їх очищення від прихваток. Вантажозахватні пристрої повинні зніматися з балки після міцного затиснення її у верстаті.

Обробка металів різанням і тиском.

Розробка, організація і проведення технологічних процесів обробки металів різанням і тиском повинні виконуватися відповідно до вимог чинних норм, включаючи нормативні вимоги до обладнання.

Розміщення рукавів для подачі мастильно-охолоджуючої рідини у зону різання повинне виключати можливість їх зіткнення з різальним інструментом і частинами устаткування, що рухаються.

При роботі на заточувально-шліфувальних верстатах із двома абразивними кругами не допускається різниця зносу абразивних кругів за діаметром більше, ніж на 10%.

Різнання металу на ножицях повинне виконуватися сухими і чистими ножами. При пробиванні отворів по шаблону шаблон необхідно кріпити до деталі кляммерами. Пробивання отворів у пакеті деталей не допускаються.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
						103
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Технологічні операції кування й гарячого штампування слід проводити при оптимальних для відповідних марок сталі температурах. Кування та штампування перепаленого чи охолодженого металу не допускаються. Штамп для гарячого штампування, бойок, бабу, шток у місці кріплення його до баби, ковадлу і ручний інструмент ударної дії необхідно перед початком роботи підігрівати, а в процесі роботи прохолоджувати до 200-300°C.

Зсув крайок верхнього і нижнього бойків у процесі роботи допускається в молотів з вагою падаючих частин до 1,0 т - не більше 3 мм, понад 1,0 т – не більше 6 мм. Штampi і бойки повинні бути надійно закріплені, опорні поверхні суворо рівнобіжні. Застосування багатошарових прокладок не допускається.

Не допускається робота за наявності повітряних мішків у гідравлічній системі преса, повітря з гідросистем слід вчасно видаляти через спускні пробки.

Складальні роботи.

Збірка конструкцій, вага елементів якої перевищує 28 кг, повинна виконуватися за допомогою вантажопідіймальних пристроїв. Перевірка збіжності отворів у пакеті деталей, що збираються, виконується оправками. Збірка конструкцій повинна виконуватися з урахуванням вимог до стійкості та міцності, встановлених для кожного типу конструкцій.

Зварювання й термічне різання металів.

Розробка, організація й проведення технологічних процесів зварювання й термічного різання металів повинні виконуватися відповідно до вимог чинних стандартів та інструкцій. Устаткування й апаратура, що застосовуються при виконанні зварювальних робіт і термічному різанні металів (різаки для термічного різання, пальники для ацетилено-кисневого зварювання, балони для кисню, стиснутих газів, балонні редуктори, гумові рукави для подачі газу, електродотримачі для ручного зварювання, кабелі та кабельна арматура) повинні відповідати вимогам стандартів на ці вироби та обладнання.

Переміщення гумових рукавів при русі різача (пальника) у процесі роботи повинне бути вільним. Прочищення мундштуків різача повинне виконуватися мідними чи латунними голками.

					MP 19220118 ПЗ	Аркуш
						104
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Виконання газополум'яних робіт на металі, що знаходиться в підвішеному стані, не допускається. Виконання газополум'яних робіт на висоті повинно виконуватися за нарядом-допуском. Виконання плазменного різання в умовах підвищеної вологості не допускається.

Антикорозійний захист конструкцій.

Організація й виконання технологічних процесів фарбування конструкцій повинні виконуватися відповідно до вимог чинних стандартів та правил. При розробці технологічних процесів фарбування необхідно передбачати:

- застосування нетоксичних і негорючих матеріалів;
- комплексну механізацію та автоматизацію процесів нанесення й сушіння лакофарбових покриттів;
- застосування приладів і апаратів автоматичного контролю і регулювання параметрів технологічних процесів;
- засоби індивідуального захисту для працюючих по кожній професії.

Фарбувальні роботи із застосуванням лакофарбових матеріалів, що містять у своєму складі ксилол, толуол, етиловий спирт, ацетон, свинець і їх з'єднання, повинні виконуватися за нарядом-допуском, як на особливо небезпечні роботи. Металізація внутрішніх поверхонь резервуарів повинна виконуватися за нарядом-допуском.

При розробці технологічних процесів одержання металевих покриттів гарячим і електрохімічним способами слід передбачати:

- механізацію завантаження і вивантаження виробів у ваннах підготовки поверхні, одержання і обробки покриття;
- механізацію видалення золи (шлаку) із дзеркала розплаву;
- застосування приладів і апаратів автоматичного контролю та регулювання технологічних процесів.

Транспортування і зберігання виробів при нанесенні металевих покриттів гарячим способом повинні бути організовані так, щоб виключити охолодження чи зволоження їх перед зануренням у ванни з розплавленим металом.