

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
«___» лютого 2025 р.,
протокол № ___

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для практичних занять та самостійної роботи з індивідуальним завданнями з навчальної дисципліни «Будівельні конструкції»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво»
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
(назва факультету)
кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.
(назва кафедри)

Рекомендовано на засіданні
кафедри гірничих технологій та
будівництва ім. проф. Бакка М.Т.
«___» лютого 2025 р.,
протокол № ___

Розробник: к.т.н., доц. кафедри гірничих технологій та будівництва
ім. проф. Бакка М.Т. БАЙДА Денис
к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства
та архітектури Вінницького національного технічного
університету ПОПОВ Володимир
асистент кафедри гірничих технологій та будівництва
ім. проф. Бакка М.Т. ПІСКУН Ігор

Житомир
2025

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 2

УДК 624.01

Методичні рекомендації для практичних занять та самостійної роботи з індивідуальним завданнями з навчальної дисципліни «Будівельні конструкції» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво».

Укладачі: к.т.н., доц. БАЙДА Денис, к.т.н., доц. ПОПОВ Володимир, асистент ПІСКУН Ігор – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2025. – 81 с.

Рецензенти:

к.т.н., доц. кафедри доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету ХРИСТИЧ Олександр;

к.т.н., доцент, декан факультету гірничої справи, природокористування та будівництва Державного університету «Житомирська політехніка» КОТЕНКО Володимир.

Відповідальний за випуск: завідувач кафедрою гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. – к.т.н. БАШИНСЬКИЙ Сергій.

Методичні рекомендації розроблені для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітнього ступеня «бакалавр» і містять рекомендації до практичних занять та виконання індивідуальних завдань.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 3

ЗМІСТ

Тема 1. Конструктивна характеристика будівель	6
1.1 Теоретичні відомості	6
1.2 Приклад конструктивної характеристики об'єкта будівництва	8
1.3 Індивідуальне завдання	12
Тема 2. Збір вихідних даних для проектування будівельних конструкцій. Нормативна база проектування будівельних конструкцій.....	13
2.1 Теоретичні відомості	13
2.2 Опитування та дискусія.....	18
Тема 3. Збір навантажень на БК (розрахунок постійних, снігового та вітрового навантаження).....	19
3.1 Теоретичні відомості	19
3.2 Приклад збору навантажень на будівельні конструкції	19
3.3 Практичні завдання.....	24
Тема 4. Вибір сталі для металевих елементів конструкцій.....	25
4.1 Теоретичні відомості	25
4.2 Приклад вибору сталі	27
4.3 Практичні завдання.....	29
Тема 5. Розрахунок елементів МЕТАЛЕВИХ конструкцій ПРИ центральному РОЗТЯГУ.....	30
5.1 Теоретичні відомості	30
5.2 Приклад розрахунку та конструювання металевого елемента, що працює при центральному розтягу (задача №1).....	31
5.3 Індивідуальне завдання	33
Тема 6. Розрахунок елементів МЕТАЛЕВИХ конструкцій ПРИ центральному стиску	35
6.1 Теоретичні відомості	35
6.2 Приклад практичного розрахунку. Задача №2.1. Робота металоконструкцій при стиску	38
6.3 Індивідуальне завдання	42
ТЕМА 7 Розрахунок елементів суцільного перерізу МК при згині	43
7.1 Теоретичні відомості	43
7.2 Приклад розрахунку сталевих елементів, що працюють на плоский згин. Задача №3)	45
7.3 Індивідуальне завдання	50

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 4

Тема 8. Проектування головної балки технологічної площадки, що має складений двотавровий переріз.....	51
8.1 Теоретичні відомості	51
8.1.1 Робота складених металоконструкцій при згині	51
8.1.2 Елементи балочних клітин нормального типу	54
8.2 Приклад розрахунку складених елементів, що працюють на плоский згин (Задача №4).....	55
8.3 Індивідуальне завдання	67
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	68
ДОДАТОК А Дані для вибору сталі та її характеристик	69
ДОДАТОК Б Індивідуальне завдання до виконання контрольної роботи з дисципліни «будівельні конструкції».....	74

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 5

ВСТУП

Метою методичних вказівок є надати студентам практичні приклади з індивідуальними завданнями для закріплення теоретичних знань при вивченні навчальної дисципліни "Будівельні конструкції". Виконання індивідуальних завдань дозволяє отримати вміння та навички при розв'язуванні основних конструкторських задач на достатньому інженерному рівні. Методичні також призначені для самостійної роботи під виконання індивідуальних завдань студентами очної та заочної форми.

Використання цих методичних вказівок дозволяє розвинути у студента такі загальні компетентності, як здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; знання та розуміння предметної області та професійної діяльності. Крім того, у студента розвиваються такі фахові компетентності: здатність використовувати концептуальні наукові та практичні знання з природничих наук для розв'язання практичних проблем будівельних конструкцій; здатність проектувати будівельні конструкції з урахуванням інженерно-технічних та ресурсозберігаючих заходів і сучасних вимог нормативної документації; здатність до розроблення та використання технічної документації; здатність визначати і оцінювати навантаження та напружено-деформований стан несучих будівельних конструкцій на базі знання номенклатури та раціональних конструктивних форм; уміння розраховувати і конструювати несучі будівельні конструкції; розуміння вимог до надійності та засобів забезпечення надійності будівельних конструкцій.

В методичних вказівках на конкретних прикладах у доступній формі, крок за кроком, описана послідовність розрахунку та конструювання елементів будівельних конструкцій. У додатках наведені матеріали індивідуальних завдань для виконання студентами в рамках самостійної роботи.

В даних вказівках по тексту дані численні посилання на нормативні джерела, доступ до яких забезпечує викладач. При цьому свідомо в методичні вказівки не були долучені чисельні дані нормативних вимог для спонукання студентів до самостійного користування нормативними документами, як це відбувається на практиці. Такий підхід, на думку авторів, є кроком до більшого наближення до реальної проектної практики, а також дозволяє уникнути застосування застарілих даних у методичних вказівках через можливі зміни норм.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 6

ТЕМА 1. КОНСТРУКТИВНА ХАРАКТЕРИСТИКА БУДІВЕЛЬ

Мета заняття: закріпити знання з теоретичного курсу та на базі знань навчитися виконувати конструктивну характеристику будівлі або споруди.

1.1 Теоретичні відомості

Проектна документація – затверджені текстові та графічні матеріали, якими визначаються містобудівні, об'ємно-планувальні, архітектурні, конструктивні, технічні, технологічні вирішення, а також кошториси об'єктів будівництва;

Об'єктами будівництва є будинки, будівлі, споруди будь-якого призначення, їх комплекси та частини, лінійні об'єкти інженерно-транспортної інфраструктури (крім трубопроводів внутрішньогосподарських меліоративних систем).

Будівля – штучно створений об'ємний об'єкт, що складається з несучих та огорожувальних або сполучених (несучоогорожувальних) конструкцій, які утворюють наземні, надземні або підземні приміщення, призначені для життєдіяльності людей та виробництва продукції.

Будинок – різновид будівлі, яка призначена, як правило, для проживання та обслуговування людей.

Види будівництва – нове будівництво, реконструкція та капітальний ремонт.

Споруда – штучно створений об'ємний, площинний або лінійний об'єкт, що має природні або штучні просторові межі, встановлений стаціонарно (нерухомо) відносно землі та призначений для досягнення певних цілей.

Конструкція – упорядкована комбінація поєднаних між собою частин, які витримують певні дії та виконуватимуть якусь певну призначену функцію.

Несуча конструкція (основна конструкція) – виготовлена згідно з проектними рішеннями складена конструкція, яка складається із сполучених між собою конструктивних елементів та розрахована на забезпечення механічної міцності і стійкості будівель та споруд.

Конструктивна система – система несучих елементів будівлі або інженерної конструкції та спосіб, у який ці елементи функціонують разом і взаємодіють з навколишнім середовищем.

Конструктивні параметри (характеристики) – якісне або кількісне відображення роботи конструкції (наприклад, несуча здатність, жорсткість тощо.), пов'язані з його безпекою та придатністю до експлуатації, довговічністю та стійкістю.

Конструктивна характеристика – опис конструктивних рішень об'єкта, які забезпечують його надійність, довговічність та безпеку.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 7

Конструктивні рішення – це проектні рішення в складі графічних і текстових документів, які в сукупності або окремо, визначають склад і будову переважно основних несучих конструкцій об’єкту та містять необхідні дані для їх розробки, виготовлення, контролю якості та експлуатації.

Надійність об’єкта – властивість об’єкта виконувати задані функції протягом розрахункового строку експлуатації.

Довговічність – властивість об’єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану в умовах наявного технічного обслуговування та ремонту.

Безпека – властивість об’єкта при експлуатації, а також у випадку порушення працездатності не створювати загрози для життя і здоров’я людей, а також загрози для довкілля.

Відповідальний елемент – елемент, руйнування якого призводить до руйнування або загрози руйнування споруди в цілому.

Конструктивна характеристика (конструктивні рішення) будівлі надається в складі пояснювальної записки проектною документацією на стадії «Проект» або «Робочий проект» у відповідності до вимог ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектною документації на будівництво» [1]. Також обов’язково конструктивна характеристика є складовою частиною звіту з обстеження будівель та споруд. Інженер-будівельник має володіти необхідними знаннями для виконання конструктивної характеристики будівель та споруд. Правильність цієї характеристики показує розуміння принципів роботи несучих конструкцій в складі будівель та споруд різної конструкції. Здобувачі мають продемонструвати це вміння під час виконання курсових проектів та кваліфікаційної роботи для здобуття освітнього рівня «бакалавр».

Конструктивна характеристика включає:

- загальні дані з вихідними даними для проектування несучих конструкцій;
- принципові рішення із прийнятої конструктивної схеми об’єкту (тип конструктивної схеми, забезпечення просторової жорсткості будівлі, матеріали і характеристики елементів несучих конструкцій);
- опис найбільш відповідальних конструкцій та конструктивних елементів будівлі, від яких залежить надійність та довговічність будівлі (конструкція та матеріали фундаментів, стін, перекриттів, покрівлі тощо);
- прийняті рішення для забезпечення конструктивної надійності та безпеки об’єкта в залежності від рівня його відповідальності.

Нижче наведений приклад конструктивної характеристики для об’єкту нового будівництва. В даному прикладі курсивом виділені частини, які наведені з навчальною метою для розуміння повноти проектних даних в характеристиці. Ці частини є необов’язкові для виконання в індивідуальному завданні, але мають бути наведені під час виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 8

1.2 Приклад конструктивної характеристики об'єкта будівництва

1) Загальні положення

Конструктивні рішення проекту «Нове будівництво багатоквартирного житлового будинку з вбудованими нежитловими приміщеннями по вул. Франка Івана в м. Вишневе Києво-Святошинського району Київської області» розроблений на підставі завдання на проектування та чинних нормативних документів.

Згідно з технічним завданням конструктивні рішення повинні відповідати вимогам ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» [2] для ступеню вогнестійкості будівлі II.

Ділянка розташування будівлі згідно з класифікацією ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» [3] знаходиться у 1-му вітровому та 5-му сніговому районах. Згідно з цим документом та ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [4] територія будівництва об'єкту має наступні природно-кліматичні характеристики:

- характеристичне значення снігового навантаження – 1600 Па;
- характеристичне значення вітрового навантаження – 400 Па кг/м².
- тип місцевості, що оточує ділянку будівництва II – сільська місцевість з огорожами (парканами), невеликими спорудами, будинками і деревами [3, п. 9.9].
- розрахункова температура найбільш холодної п'ятиденки мінус 22 °С;
- глибина промерзання до 1,1 м;

Згідно з картою сейсмічного районування ОСР-2004-А та додатку А (обов'язкового) ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України» [5] фонові (середня) сейсмічність ділянки для рівня ризику «А» складає 5 балів.

За даними інженерно-геологічних вишукувань, виконаних ДП "УКРНДПЦИВІЛЬБУД" у липні 2015 року – лютому 2016 року на майданчику багатоквартирної житлової забудови, що проектується, виділені наступні інженерно-геологічні елементи (ІГЕ):

- ІГЕ-1. Насипний ґрунт: пісок пилюватий з включенням будівельного сміття;
- ІГЕ-2. Ґрунтово-рослинний шар: сунісок темно-сірий, пластичний, гумусований;
- ІГЕ-3. Суглинок світло-коричнево-сірий, напівтвердий;
- ІГЕ-4. Суглинок світло-коричнево-сірий, тугопластичний;
- ІГЕ-5. Суглинок сіро-коричневий, м'якопластичний;
- ІГЕ-6. Сунісок світло-коричнево-сірий, пластичний;
- ІГЕ-7. Пісок мілкий сіро-коричнево, середньої щільності насичений водою;
- ІГЕ-8. Пісок мілкий світло-сірий, щільний насичений водою;
- ІГЕ-9. Сунісок світло-блакитно-сірий, пластичний;
- ІГЕ-10. Суглинок світло-блакитно-сірий, тугопластичний;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 9

ПЕ-11. Глина блакитно-сіра, напівтверда;

ПЕ-12. Суглинок світло-сірий, напівтвердий;

ПЕ-13. Супісок світло-коричневий, пластичний;

ПЕ-14. Пісок мілкий, світло-сірий, щільний, насичений водою.

Грунтові води розкриті свердловинами на глибинах 2,8-3,0 м, що відповідає абсолютним відміткам 169,9-170,1 м. Грунтові води не агресивні для конструкцій будівель та споруд. Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів.

2) Конструктивні рішення

Багатоквартирний житловий будинок має розміри в плані 53,38×14,4 м (в осях). Будівля 10-поверхова з цокольним поверхом. Висота поверхів: цокольного – 3,45 м, 1-го...10-го – 3,0 м.

Конструктивна схема будівлі стінова, вирішена з подовжніми та поперечними несучими стінами товщиною 640, 510 та 380 мм з силікатної рядової повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині.

Просторова жорсткість будинку забезпечується сумісною роботою стін та перекриттів, що розглядаються, як незмінювані жорсткі диски.

Характеристика прийнятих конструктивних рішень наведена в таблиці 1.

Під стінами будівлі прийнята конструкція фундаментів у вигляді суцільної залізобетонної плити.

Основою фундаментів служить шар ґрунту: ПЕ-4 - Суглинок світло-коричневий-сірий, тугопластичний, з лінзовидними прошарками піску пилуватого 5-10 % з наступними розрахунковими характеристиками: $\gamma = 17,1 \text{ кН/м}^3$; $\varphi_{II} = 20^\circ$; $c_{II} = 20,0 \text{ кПа}$, $E = 13 \text{ МПа}$.

Таблиця 1.1 – Прийняті конструктивні рішення:

№ п/п	Найменування	Опис конструкцій
1	2	3
1	Фундаменти під цегляні стіни	Монолітна залізобетонна плита товщиною 700 мм із важкого бетону класу С20/25 за ДСТУ 9208:2022, армована стрижневою арматурою класу А500С та А240С за ДСТУ 3760:2019.
2	Стіни цоколя	Зі збірних бетонних стінових блоків типу ФБС за ДСТУ Б В.2.6-108:2010 із важкого бетону класу С8/10 з монолітним поясом розмірами (400, 500, 600)×420(н) мм з бетону С20/25, арматурою класу А500С та А240С.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 10

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
3	Зовнішні стіни	Товщиною 510, 380 мм із силікатної рядової повнотілої цегли марки М200 за ДСТУ Б В.2.7-80:2008 на розчині марки М150
4	Внутрішні стіни	Товщиною 640, 510, 380 мм із силікатної рядової повнотілої цегли марки М200 за ДСТУ Б В.2.7-80:2008 на розчині марки М150.
5	Кладка стін вентиляційних каналів	Цегляні з повнотілої керамічної цегли пластичного формування марки М150 за ДСТУ Б В.2.7-61:2008 на розчині М150.
6	Перегородки	Із пустотілої керамічної цегли напівсухого пресування марки М100 за ДСТУ Б В.2.7-61:2008 на розчині марки 50, із газобетонних блоків класу D400 за густиною за ДСТУ Б В.2.7-137:2008. В санвузлах з повнотілої керамічної цегли пластичного формування марки М100 за ДСТУ Б В.2.7-61:2008 на розчині марки М50
7	Перемички	Збірні залізобетонні за ДСТУ Б В.2.6-55:2008
8	Перекриття	Монолітні залізобетонні товщиною 200 мм із бетону класу С20/25, армовані арматурою класів А500С та А240С за ДСТУ 3760:2019
9	Сходи	Основні сходи збірні залізобетонні по серіям 1.251.1-4 в.1, 1.252.1-4 в.1; другорядні в межах цокольного поверху монолітні залізобетонні із бетону класу С20/25, армовані арматурою класу А500С та А240С згідно з ДСТУ 3760:2019 та металеві
10	Покрівля	Рулонна плоска
11	Утеплювач	Перекриття над цокольним поверхом та покриття – пінополістирольні плити ПСБ-С-50 $\gamma = 50$ кг/м ³ Стіни – пінополістирольні плити ПСБ-С-25 $\gamma = 25$ кг/м ³ .
12	Ганки	Монолітні залізобетонні із бетону класу С20/25, армовані арматурою класу А500С та А240С згідно з ДСТУ 3760:2019.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 11

Горизонтальна гідроізоляція на рівні цоколя із двох шарів руберойду на бітумній мастиці, вертикальна гідроізоляція стін цоколя виконана обмазкою гарячим бітумом за два рази по ґрунтуванню.

Для забезпечення міцності цегляних конструкцій, перерозподілу навантажень, зменшення місцевих напружень та сприйняття зусиль від температурних деформацій згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.6-207:2015 «Розрахунок та конструювання кам'яних та армокам'яних конструкцій будівель та споруд» [6] передбачено виконання сітчастого армування цегляної кладки.

На відмітці -0,600 над цокольним поверхом влаштовується монолітний залізобетонний пояс, який монолітно об'єднаний з плитою перекриття цокольного поверху. Загальна висота монолітного поясу включаючи висоту плити перекриття становить 420 мм. Пояс виконується з важкого бетону класу С20/25 за ДСТУ 9208:2022 з армуванням стержневою арматурою класу А500С та А240С за ДСТУ 3760:2019.

По периметру будівлі для відведення поверхневих вод та протидії замочуванню ґрунтів основи фундаментів влаштовується вимощення з бетону шириною 1,0 м, товщиною 50 мм по підготовці із щебеню товщиною 150 мм згідно з деталлю 52 Серії 2.110, вип. 1.

Матеріали стінових конструкцій повинні відповідати вимогам табл. 4 ДБН 1.1-7:2016 за класами вогнестійкості для прийнятого ступеню вогнестійкості будівлі II.

3) Забезпечення надійності та безпеки

У відповідності до вимог ДБН В. 1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд» [7] за результатами розрахунку згідно з ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності) будівлі» [8] проект «Нове будівництво багатоквартирного житлового будинку з вбудованими нежитловими приміщеннями по вул. Франка Івана, 2а в м. Вишневе Києво-Святошинського району Київської області» відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС2.

У відповідності до таблиці 2 ДБН В.1.2-14:2018 розрахунковий термін експлуатації T_{ef} будівлі, що проектується, прийнятий 100 років.

Для забезпечення безвідмовності розрахунки всіх несучих та огорожувальних конструкцій будівель, що проектується, виконувались з урахуванням граничних станів першої та другої груп на сполучення навантажень згідно з вимогами ДБН В.1.2-2:2006. В розрахунках були враховані такі категорії відповідальності конструкцій та коефіцієнти надійності за відповідальністю γ_n у відповідності до вимог таблиці 5 та п. 5.2 ДБН В.1.2-14:2018:

- для конструкцій категорії «А» (фундаменти, перекриття): I-а група

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 12

граничних станів – $\gamma_n = 1,1$; II-а група граничних станів – $\gamma_n = 0,975$;

- для конструкцій категорії «Б» (перемишки, елементи покриття): I-а група граничних станів – $\gamma_n = 1,05$; II-а група граничних станів – $\gamma_n = 0,975$;

- для конструкцій категорії «В» (перегородки): I-а група граничних станів – $\gamma_n = 1,0$; II-а група граничних станів – $\gamma_n = 0,975$.

Для забезпечення живучості основних конструкцій та об'єкта в цілому передбачено вжиття відповідних заходів. Живучість будівлі забезпечується:

- конструктивною схемою будівлі, що забезпечує просторову жорсткість;
- резервуванням несучої здатності головних несучих конструкцій вводом коефіцієнтів надійності на навантаження;

- конструкцією фундаментів у вигляді фундаментної плити, що підвищує просторову жорсткість будівлі, перерозподіляє навантаження на конструкції будинку та основу та зменшує чутливість конструкцій будинку до нерівномірних осідань ґрунту основи;

- влаштування монолітного залізобетонного поясу та монолітних плит перекриттів, що підвищують просторову жорсткість будівлі, перерозподіляють навантаження та зменшують чутливість до нерівномірних осідань ґрунту основи;

- застосуванням несучих конструкцій, у яких межа вогнестійкості більша, а межа поширення вогню менша, ніж вимагає ДБН В.1.1-7:2016 для будівель II ступеню вогнестійкості;

- дотриманням протипожежних заходів щодо захисту конструкцій;

- виконанням антикорозійного захисту та вогнезахисту металевих елементів конструкції;

- влаштування водовідведення від будівлі вертикальним плануванням.

1.3 Індивідуальне завдання

Виконати за наведеним прикладом конструктивну характеристику для самостійно обраного будівельного об'єкта. В якості такого об'єкта рекомендується прийняти будівля або споруду, що є об'єктом проектування кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеню «бакалавр».

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 13

ТЕМА 2. ЗБІР ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ. НОРМАТИВНА БАЗА ПРОЕКТУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мета заняття: отримати уявлення про обсяги вихідних даних та умови експлуатації будівельних конструкцій, які необхідні для проектування будівельних конструкцій.

2.1 Теоретичні відомості

Проектування будівельних несучих конструкцій є одним із найбільш відповідальних етапів розробки проекту будівельного об'єкта. На цьому етапі від правильності прийнятих рішень залежить довговічність та надійність всього об'єкта.

Для забезпечення проектування об'єкта будівництва замовник повинен надати генпроектувальнику (проектувальнику) вихідні дані на проектування. Основними складовими вихідних даних є:

- містобудівні умови та обмеження;
- технічні умови;
- завдання на проектування.

На підставі цих документів виконують розробку архітектурних рішень об'єкту будівництва, які є подальшою основою для розробки конструктивних рішень. Технічні умови є основою для розробки проектних рішень інженерного забезпечення об'єкту, які також впливають на конструктивні рішення. Окремі дані для проектування будівельних конструкцій наводяться в завданні на проектування (табл. 2.1).

Завдання на проектування об'єктів будівництва складається з урахуванням вимог державних будівельних норм ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво» і затверджується замовником за погодженням із генпроектувальником (проектувальником).

Завдання на проектування – документ, у якому містяться обґрунтовані в межах законодавства вимоги замовника будівництва (далі - замовник) до планувальних, архітектурних, інженерних і технологічних рішень та властивостей об'єкта архітектури, його основних параметрів, вартості та організації його будівництва і який складається відповідно до містобудівних умов і обмежень забудови земельної ділянки, технічних умов.

Архітектурне рішення – авторський задум щодо просторової, планувальної, функціональної організації, зовнішнього вигляду й інтер'єру об'єкта архітектури, а також інженерного та іншого забезпечення його реалізації, викладений в архітектурній частині проекту на всіх стадіях проектування і зафіксований у будь-якій формі.

В таблиці 2.1 представлені дані, які показують які необхідні відомості для проектування будівельних конструкцій та якими основним нормативними документами встановлюються вимоги до проектування будівельних конструкцій.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 14

Таблиця 2.1 – Вихідні дані та нормативні вимоги для проектування будівельних конструкцій

Документи з вихідними даними	Вимоги, за якими визначається склад та зміст вихідних даних	Найменування вихідних даних для проектування будівельних конструкцій	Будівельні норми, для виконання яких необхідні вихідні дані	Призначення вихідних даних під час проектування будівельних конструкцій
1	2	3	4	5
Завдання на проектування та картка погодження конструкцій: <i>Примітка.</i> Затверджує: Замовник; Погоджує: ГАП (ГПП)	ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво»	- назва та місцезнаходження об'єкта; - розрахунковий термін експлуатації; - матеріали конструкцій;	ДБН В. 1.2-2:2006. «Навантаження і впливи»; ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»	- визначення характеристик навантажень та впливів на конструкції; - вибір норм проектування конструкцій в залежності від прийнятих матеріалів;
Звіти за результатами інженерних вишукувань <i>Примітка.</i> Виконуються спеціалізованими організаціями за завданнями, які готують ГАП (ГПП) та головний конструктор	ДБН А.2.1-1-2008 «Інженерні вишукування для будівництва»	- результати інженерно-геодезичних вишукувань (інженерно-геодезична зйомка); - результати інженерно-геологічних вишукувань (геологічна будова ділянки та характеристики шарів ґрунту, рівень ґрунтових вод та показники їх агресивності до конструкційних матеріалів; наявність складних інженерно-геологічних умов ділянки (просідаючі ґрунти, карст, підроблені території, сейсмічність тощо)	ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення»; ДБН В.1.1-45:2017 «Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення»; ДСТУ-Н Б В.1.1-40:2016 «Настанова щодо проектування будівель і споруд на слабких ґрунтах»; ДБН В 1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах»; ДСТУ Б В.2.6-145:2010 «Конструкції будівель і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги»	- визначення навантажень від тиску ґрунту, людей та транспорту на конструкції (підпірні стінки та стіни підвалів тощо); - врахування ґрунтових умов під час проектування фундаментів об'єкта; - проектування гідроізоляції та антикорозійного захисту підземних конструкцій; - врахування сейсмічних навантажень на конструкції; - врахування вимог до конструювання конструкцій для забезпечення їх сейсмічної стійкості

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 15

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
<p>Генплан та архітектурні рішення (розділи ГП та АР)</p> <p><i>Примітка:</i> 1) Розробляються під керівництвом ГАП (ГПП) групою архітекторів; 2) Архітектори розробляють рішення огорожуючих конструкцій (оздоблення, підлоги, вікна та двері, перегородки, теплоізоляція, інтер'єри тощо), оскільки від них залежить зовнішній вигляд та функціональне призначення приміщень. За необхідності залучаються спеціалісти інших з різних напрямків (інженери теплотехники, акустики, фахівці із шумоізоляції, інженери спеціальних систем освітлення та пожежної безпеки тощо)</p>	<p>ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій»; Державні будівельні норми на проектування будівель та споруд та їх частин різного призначення (наприклад: ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»; ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги»; БН В.2.6-220:2017 «Покриття будівель та споруд»; ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки»; ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки та споруди»;</p>	<p>- призначення приміщень; - геометричні параметри об'єкта (розташування по відношенню до планувальної відмітки ґрунту, висоти поверхів, розташування та відстані в плані конструкцій тощо); - конструктивні рішення огорожуючих конструкцій (підлог, покрівлі, стінових конструкцій, перегородок); - планування рельєфу ділянки розташування об'єкта, необхідність у влаштування додаткових конструкцій для організації рельєфу та забезпечення відведення поверхневих вод (підпірних стінок, лотків тощо); - вимоги щодо класів вогнестійкості конструкцій; - вимоги щодо теплоізоляції конструкцій;</p>	<p>ДБН В. 1.2-2:2006. «Навантаження і впливи»; Будівельні норми для проектування будівельних конструкцій з різних матеріалів (наприклад, ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування») ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги»; ДСТУ 9291:2024 «Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатування об'єктів вогнезахисту»; ДСТУ-Н Б В.2.6-197:2014 «Настанова з проектування залізобетонних колон. Розрахунок на вогнестійкість»</p> <p><i>Примітка. Тут перелічені приклади нормативних документів. Крім перелічених - конструктори використовують багато інших нормативних документів для проектування конструкцій з різних матеріалів, які будуть наведені додатково</i></p>	<p>- визначення навантажень та впливів на конструкції; - приймання розмірів конструкцій, - конструювання конструкцій в залежності від вимог до їх вогнестійкості; - проектування вогнезахисту конструкцій;</p>

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 16

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Розрахунок класу надійності (відповідальності будівлі) <i>Примітка. Виконує ГПП (ГАП)</i>	ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності)»	- клас наслідків (відповідальності) конструкцій;	ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд»	Врахування у розрахунках категорії відповідальності конструкцій та класу наслідків (відповідальності) об'єкта
Технологічні рішення об'єкта (розділ ТХ) <i>Примітка. Розробляє інженер-технолог</i>	Технологічні норми, які діють в галузях виробничо-господарської діяльності, технічні паспорти на обладнання тощо	- розташування технологічного обладнання та його паспортні характеристики; - місця розташування елементів кріплення обладнання, закладних деталей або точок кріплення до несучих конструкцій анкерними пристроями); - параметри агресивності виробничого середовища;	ДБН В. 1.2-2:2006. «Навантаження і впливи» Будівельні норми для проектування будівельних конструкцій з різних матеріалів	- визначення навантажень та впливів на конструкції; - проектування фундаментів та елементів кріплення технологічного обладнання; - проектування антикорозійного захисту конструкцій
Завдання від відповідальних виконавців розділів інженерних мереж об'єкта (розділи ЕО, ВК, ОВ, СЗ тощо)		- отвори для пропуску інженерних комунікацій через несучі конструкції; - характеристики навантаження, місця установки та елементи кріплення інженерного обладнання до несучих конструкцій; - додаткові елементи конструкцій та інженерні споруди для інженерного захисту об'єкта (прямки та лотки для прокладки комунікацій, протипожежні резервуари, трансформаторні підстанції, котельні тощо)	ДБН В. 1.2-2:2006. «Навантаження і впливи» Будівельні норми для проектування будівельних конструкцій з різних матеріалів	- остаточне визначення геометричних параметрів будівельних конструкцій; - проектування елементів кріплення та установки інженерного обладнання; - проектування елементів прокладання інженерних мереж; - проектування інженерних споруд для інженерного захисту об'єкта

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 17

Процес проектування будівельних несучих конструкцій виконується в декілька етапів:

- збір вихідних даних (див. табл. 2.1);
- розрахунок навантажень, складання розрахункової схеми та розрахунок зусиль в елементах конструкції (статичний розрахунок за методами будівельної механіки);
- розрахунки перерізів конструкцій за методами граничних станів;
- конструювання елементів конструкцій із забезпеченням вимог довговічності та несучої здатності (надійності).

Кожний вид конструкцій в залежності від їх матеріалу має свої особливості проектування, які розглянуті у відповідних будівельних нормах. В таблиці 2.2 перелічені державні будівельні норми та стандарти України, які найчастіше застосовують інженери-конструктори для проектування більшості будівельних конструкцій.

Таблиця 2.2 – Державні будівельні норми та стандарти для проектування будівельних конструкцій

№ п/п	Ви конструкцій	Будівельні норми та стандарти
1	Сталеві конструкції	ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування»; ДСТУ 8539:2015 «Прокат для будівельних сталевих конструкцій. Загальні технічні умови»; ДСТУ ISO 12944-1:2019 «Фарби та лаки. Захист від корозії сталевих конструкцій захисними лакофарбовими системами»; ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 «Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість»
2	Залізобетонні конструкції	ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення»; ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування»; ДСТУ 9208:2022 «Бетони важкі. Технічні умови»; ДСТУ 3760:2019 «Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови»; ДСТУ-Н Б В.2.6-197:2014 «Настанова з проектування залізобетонних колон. Розрахунок на вогнестійкість»; ДСТУ-Н Б В.2.6-196:2014 «Настанова з проектування залізобетонних балок. Розрахунок на вогнестійкість»; ДСТУ Б В.2.6-145:2010 «Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги»
3	Кам'яні та армокам'яні конструкції	ДБН Б В.2.6-162:2010 «Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення»; ДСТУ 5 В.2.6-207:2015 «Розрахунок і конструювання кам'яних та армокам'яних конструкцій будівель та споруд»
4	Дерев'яні конструкції	ДБН Б В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції. Основні положення»; ДСТУ-Н 5 В.2.6-184:2016 «Настанова з проектування будівельних конструкцій з цільної і клеєної деревини»

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 18

Для розрахунків за другою групою граничних станів у вигляді вихідних даних також потрібні граничні значення умов експлуатаційної придатності (граничні значення деформацій та ширини розкриття тріщин в залізобетонних конструкціях, які приймають з державних стандартів (табл. 2.3)

Таблиця 2.3 – Державні стандарти, в яких наведені значення граничних деформацій та ширини розкриття тріщин для розрахунків за 2-ю групою граничних станів

№ п/п	Найменування граничного значення	Будівельні норми та стандарти
1	Граничні прогини та переміщення надземних конструкцій	ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення. Вимоги проектування»
2	Граничні значення деформацій основ і фундаментів споруд при новому будівництві	ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд» (додаток А); ДБН В.1.1-45:2017 «Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення» (додаток В)
3	Граничні значення розкриття тріщин в залізобетонних конструкціях	ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування» (табл. 5.1); ДСТУ Б В.2.6-145:2010 «Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги» (табл. Г.4 додатку Г)

2.2 Опитування та дискусія

На практичних заняттях здобувачі опрацьовують теоретичні відомості. На прикладах конструкцій (кейсах) викладач показує які дані треба враховувати під час проектування і яке це має важливе значення для забезпечення надійності, довговічності та безпеки під час експлуатації. В процесі заняття проводиться спільна бесіда, опитування здобувачів та дискусія відносно проблемних питань.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 19

ТЕМА 3. ЗБІР НАВАНТАЖЕНЬ НА БК (РОЗРАХУНОК ПОСТІЙНИХ, СНІГОВОГО ТА ВІТРОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ)

Мета заняття: закріпити знання з теоретичного курсу та на базі знань навчитися виконувати збір навантажень на будівельні конструкції.

3.1 Теоретичні відомості

Навантаження і впливи на конструкції будівель слід враховувати у відповідності до вимог ДБН В.1.2-2 [3]. Основними видами навантажень, які діють на будівлі та споруди:

- постійні навантаження від власної ваги несучих та огорожуючих конструкцій (розділ 5 ДБН В.1.2-2);
- змінні навантаження від устаткування, людей, тварин, складованих матеріалів і виробів (розділ 6 ДБН В.1.2-2);
- змінні, як правило, короточасні кліматичні навантаження від впливів снігу та вітру (розділи 8, 9 ДБН В.1.2-2).

В особливих або складних умовах будівництва може виникати необхідність врахування епізодичних навантажень від сейсмічних та вибухових впливів, від нерівномірного осідання чи просідання опор, внаслідок порушення технологічного процесу тощо. Такі види навантажень розглядають в спеціальних курсах.

3.2 Приклад збору навантажень на будівельні конструкції

1) Вихідні дані та постановка задачі:

В даному прикладі необхідно виконати збір навантажень на конструкції одноповерхової каркасної будівлі.

Район будівництва об'єкта – м. Житомир. Розрахунковий термін експлуатації промислової будівлі $T_{ef} = 60$ років [7, табл. 2].

Тип місцевості розташування будівлі III – приміські та промислові зони. Власний період коливань будівлі перевищує 0,25 сек (будівля з металевим каркасом).

Каркас будівлі виконується з металевих конструкцій. Огороджуючі конструкції покриття складаються із сендвіч-панелей товщиною 100 мм, які кріпляться до прогонів із прокатних швелерів №16 за ДСТУ 3436.

Поперечний розріз будівлі з орієнтовними розмірами наведений на рисунку 3.1. Розміри будівельних конструкцій на стадії розрахунку, як правило, є наближеними і остаточно приймаються на етапі конструювання будівельних конструкцій.

Необхідно визначити:

- розподілене навантаження на 1 м^2 горизонтальної проекції покриття від власної ваги огорожуючих конструкцій та снігового навантаження;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 20

- розподілене вітрове навантаження на конструкції будівлі.

2) Збір навантажень на 1 м² горизонтальної проекції покриття:

Згідно з вимогами ДБН В.1.2-2 район будівництва характеризується такими значеннями природно-кліматичних навантажень:

- характеристичне значення снігового навантаження $S_0 = 1460$ Па [3 дод. Е];
- характеристичне значення вітрового навантаження $W_0 = 460$ Па [3, дод. Е].

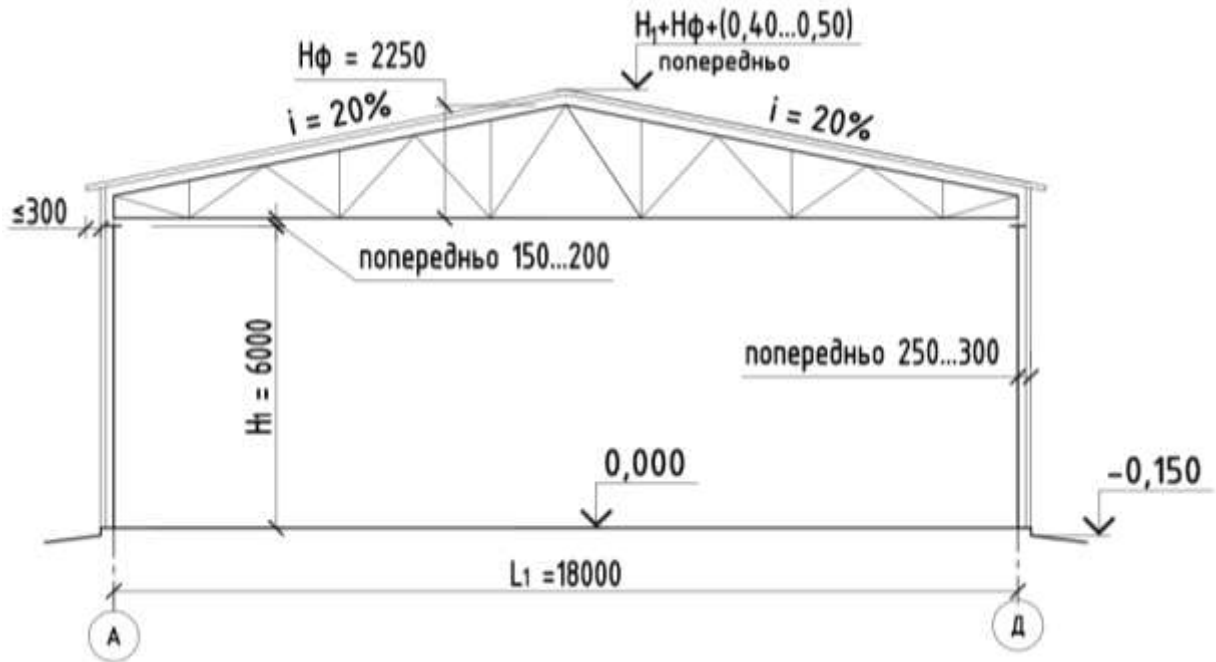


Рисунок 3.1 – Поперечний розріз будівлі з попередніми розмірами

Розрахунок навантажень на 1 м² горизонтальної проекції покриття від власної ваги огорожуючих конструкцій та снігового навантаження виконуємо в таблиці 3.1. Навантаження від власної ваги сендвіч-панелей та металевих прогонів визначаємо згідно з рекомендаціями розділу 5 ДБН В.1.2-2 [3]. Характеристичне значення власної ваги сендвіч-панелей приймаємо за даними виробника $q = 11,6$ кг/м². Хараткеристичне значення розподіленої ваги металевих прогонів приймаємо за сортаментом за за ДСТУ 3436 – $q = 14,2$ кг/м. Подальший розрахунок навантажень від власної ваги виконуємо в таблиці 3.1.

Значення снігового навантаження на покриття будівлі визначаємо згідно з вимогами розділу 8 ДБН В.1.2-2 та схеми 1 у додатку Ж [3]. За цією схемою коефіцієнт переходу до снігового навантаження на покритті будівлі дорівнює $\mu = 1,0$ для кута нахилу покриття $\alpha \leq 25^\circ$. За таблицями 8.1 та 8.3 [3] для об'єктів масового будівництва з розрахунковим строком експлуатації $T_{ef} = 60$ років коефіцієнти надійності снігового навантаження відповідно дорівнюють $\gamma_{fe} = 0,49$, $\gamma_{fm} = 1,04$. Визначаємо розрахункові значення розподіленого снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття будівлі:

- граничне значення

$$S_m = \gamma_{fm} S_0 C = 1,04 \cdot 1460 \cdot 1 = 1518 \text{ Па} = 1,52 \text{ кН/м}^2;$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 21

- експлуатаційне

$$S_m = \gamma_{fe} S_0 C = 0,49 \cdot 1460 \cdot 1 = 715 \text{ Па} = 0,72 \text{ кН/м}^2,$$

де $C = \mu C_e C_{alt} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$ згідно з п. 8.6 [Помилка! Закладку не визначено.].

Визначаємо тривалу частку (квазіпостійне значення) снігового навантаження за формулою 8.3 [Помилка! Закладку не визначено., с. 14]:

$$S_p = (0,4S_0 - \bar{S})C = (0,4 \cdot 1460 - 160) \cdot 1 = 424 \text{ Па} = 0,43 \text{ кН/м}^2.$$

Таблиця 3.1 – Розподілене навантаження на 1 м^2 горизонтальної проекції покриття будівлі, кН/м^2

№ п/п	Найменування навантаження	Характеристичне значення	Коефіцієнт надійності за навантаження м		Розрахункове значення навантаження	
			γ_{fe}	γ_{fm}	Експлуатаційне	Граничне
А) Постійні:						
1	Від власної ваги сендвіч-панелей з утеплювачем з мінеральної вати: ($q = 11,6 \text{ кг/м}^2$; $q_0 = q \cdot g / \cos \alpha$)	0,114	1,0	1,2	0,114	0,137
2	Від власної ваги металевих прогонів попередньо з швелерів №16 ($q = 14,2 \text{ кг/м}$; $q_0 = q \cdot g / b$, де $b = 1,5 \text{ м}$ крок прогонів)	0,093	1,0	1,05	0,093	0,098
	Разом постійні	–	–	–	0,207	0,235
Б) Змінні:						
3	Снігове	1,46	0,49	1,04	0,72	1,52
	Всього	–	–	–	0,93	1,76

3) Збір вітрових навантажень розподілених на 1 м^2 огорожуючих конструкцій будівлі:

Вітрові навантаження передаються на конструкції будівлі у вигляді:

- нормального тиску на поверхнюзі з навітряної сторони;

- від'ємного тиску від поверхні (відсосу) на поверхнях будівлі біля яких утворюються зони розрідженого повітря.

Значення вітрового тиску визначаємо згідно з вимогами розділу 9 та додатку І

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 22

ДБН В.1.2-2 [3]. Аеродинамічні коефіцієнти C_{aer} дії вітрового навантаження на огорожуючі конструкції будівлі визначаємо згідно з схемою 2 [3, с. 49] в залежності від геометричних параметрів виробничого цеху:

$$\alpha = \tan^{-1}(i) = \tan^{-1}(0,2) = 11,3^\circ; b/l = 48,5/18,5 = 2,6; h/l = 7,0/18,5 = 0,38.$$

Розраховані аеродинамічні коефіцієнти показані на рисунку 3.2. Знак «+» біля значення коефіцієнта вказує на нормальний тиск вітру на поверхню, а знак «-» вказує що тиск вітру здійснюється від поверхні біля яких виникають зони з розрідженням повітрям.

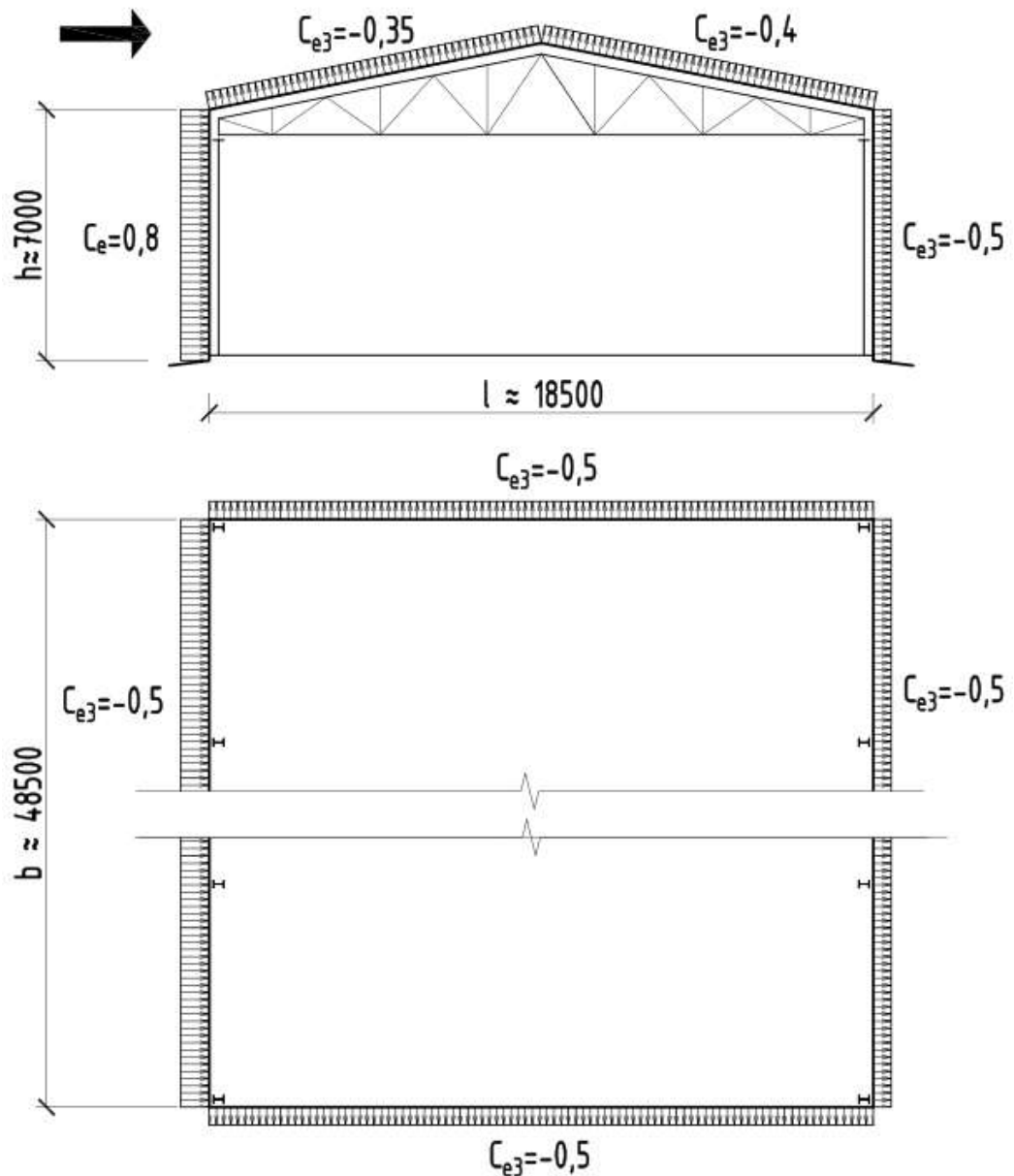


Рисунок 3.2 – Розрахункові значення аеродинамічних коефіцієнтів C_{aer}

Коефіцієнти C_h , якими враховується розподіл тиску вітру по висоті будівлі, визначаємо в залежності від прийнятого типу місцевості згідно з таблицею 9.02 [3, зміна 1]. Для типу місцевості III коефіцієнти висоти будуть дорівнювати:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 23

$C_h(z \leq 5 \text{ м}) = 0,9$; $C_h(z = h \approx 7 \text{ м}) = 1,02$; для середньої відмітки покриття $C_h(z \approx 7,9 \text{ м}) = 1,08$.

Будівля розташована на рівнинній місцевості, тому коефіцієнти C_{alt} , C_{rel} і C_{dir} приймаємо рівними одиниці [3, п. 9.10-9.12]. Коефіцієнт динамічності $C_d = 0,95$ – як для будівель з сталевим каркасом [3, рис. 9.6].

Розрахункові значення вітрових навантажень на поверхні огороджуючих конструкцій будівлі визначаємо за формулами [3, формули 9.1-9.3]:

- граничне

$$W_m = \gamma_{fm} W_0 C;$$

- експлуатаційне

$$W_e = \gamma_{fe} W_0 C,$$

де коефіцієнт $C = C_{aer} C_h C_{alt} C_{rel} C_{dir} C_d$. У випадку якщо $C_{alt} C_{rel} C_{dir} = 1$ коефіцієнт C буде дорівнювати $C = C_{aer} C_h C_d$. Подальший розрахунок значень вітрового навантаження наведений у таблиці 3.2. Розподіл вітрового тиску на поверхнях огороджуючих конструкцій показаний на схемі на рисунку 3.3.

Таблиця 3.2 – Розрахунок значень вітрових навантажень

Огороджуюча конструкцій	Розрахунок коефіцієнта $C = C_{aer} C_h C_d$ ($C_{alt} C_{rel} C_{dir} = 1$)	Розрахункове значення навантаження, кН/м ²	
		Експлуатаційне	Граничне
1) Вітрове навантаження на поверхню стіни (знак «+»): - для $z \leq 5 \text{ м}$; - для $z = 7 \text{ м}$	$C = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 0,69$ $C = 0,8 \cdot 1,02 \cdot 0,95 = 0,76$	0,067 0,073	0,330 0,364
2) Вітрове навантаження від поверхні стіни (знак «-»): - для $z \leq 5 \text{ м}$; - для $z = 7 \text{ м}$	$C = 0,5 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 0,43$ $C = 0,5 \cdot 1,02 \cdot 0,95 = 0,49$	0,042 0,048	0,206 0,235
3) Вітрове навантаження від поверхні покриття (знак «-»): - якщо $C_{aer} = -0,35$; - якщо $C_{aer} = -0,40$	$C = 0,35 \cdot 1,08 \cdot 0,95 = 0,36$ $C = 0,4 \cdot 1,08 \cdot 0,95 = 0,41$	0,035 0,040	0,173 0,197

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 24

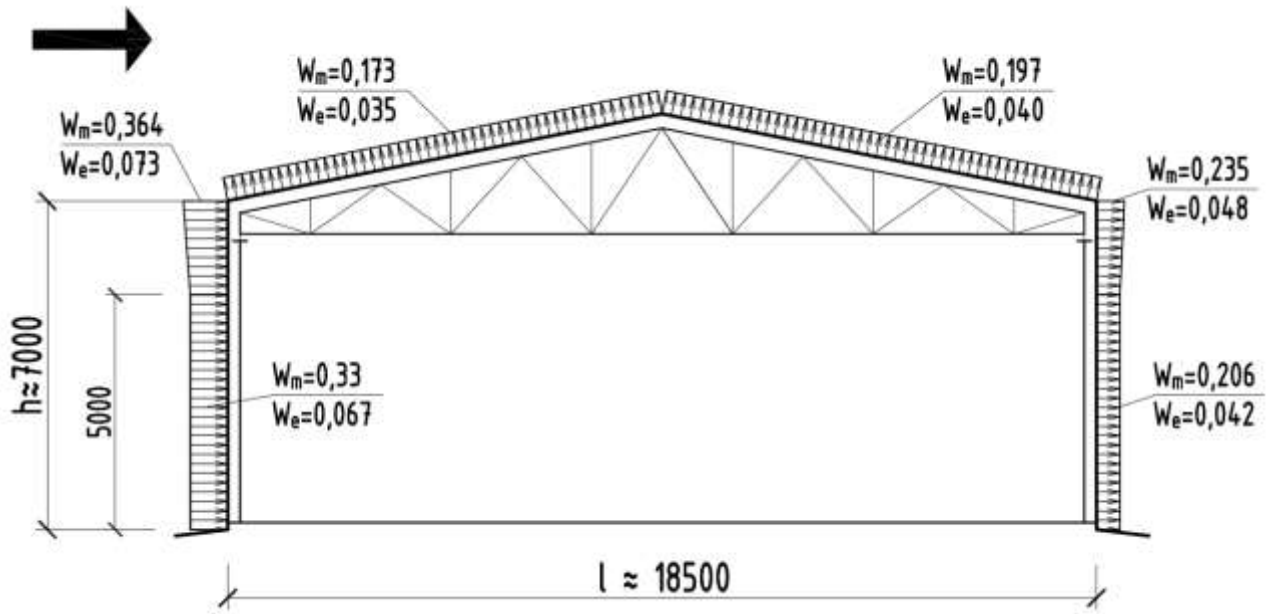


Рисунок 3.3 – Розподіл вітрового тиску на огорджуючі конструкції цеху (кН/м²)

3.3 Практичні завдання

Здобувачі за завданням викладача виконують задачу зі збору навантаження.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 25

ТЕМА 4. ВИБІР СТАЛІ ДЛЯ МЕТАЛЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ

Мета заняття: закріпити знання з теоретичного курсу, отримати вміння та навички з вибору сталі металевих елементів.

4.1 Теоретичні відомості

Для сталевих будівельних конструкцій слід застосовувати сталевий прокат (листовий, фасонний, широкосмуговий універсальний, сортовий), гнуті профілі і труби з низьковуглецевої і низьколегованої сталі, а також сталеві канати.

Застосовується прокат загального призначення, прокат для зварних конструкцій та сталевий прокат, виготовлений за технологією гарячої прокатки, термомеханічної прокатки та після термічної обробки (відпал, нормалізація, гартування з відпуском, відпуск та ін.).

Допускається також застосувати арматурну гарячекатану сталь, що зварюється, пучки і пасма з дроту.

Вибір сталі для елементів конструкцій виконують у відповідності до вимог розділу 6 ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування» [9].

При виборі сталі для конструкцій слід враховувати такі вихідні дані:

- клас відповідальності споруд згідно з ДБН В.1.2-14;
- призначення конструкцій та елементів і категорію їх відповідальності згідно з ДБН В.1.2-14;
- можливі наслідки досягнення граничних станів;
- характер діючих напружень (статичне, динамічне) та їх рівень;
- вид напруженого стану (одноосьовий, плоский чи об'ємний, розтяг або стиск);
- наявність зварних з'єднань (рівень залишкових напружень, ступінь концентрації напружень, властивості сталі в зоні зварювання);
- ступінь агресивності впливів;
- товщину прокату;
- особливості конструктивної форми і технології виготовлення (концентратори напружень, гільйотинне різання, наклеп тощо).

Залежно від призначення конструкцій і можливих наслідків при досягненні ними граничних станів слід розрізняти три категорії конструкцій та їхніх елементів [7, п. 5.2]:

А – конструкції та елементи, відмова яких може призвести до повної непридатності до експлуатації споруди в цілому або значної її частини;

Б – конструкції та елементи, відмова яких може призвести до ускладнення нормальної експлуатації споруди або до відмови інших конструкцій, які не належать до категорії А;

В – конструкції, відмови яких не призводять до порушення функціонування

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 26

інших конструкцій або їх елементів.

Залежно від можливості та причин досягнення граничних станів, а також виходячи з умов руйнування від утомленості чи крихкого руйнування слід розрізняти три категорії металевих конструкцій та їх елементів [9, п. 5.3.5]:

I – конструкції та елементи, досягнення граничних станів яких можливе в результаті безпосереднього впливу динамічного рухомого чи вібраційного навантаження;

II – конструкції та елементи, досягнення граничних станів яких можливе лише при поєднанні несприятливих чинників (динамічного чи вібраційного навантаження, концентраторів напружень, зон напружень розтягу тощо);

III – конструкції та елементи, досягнення граничних станів яких внаслідок утомленості чи крихкого руйнування неможливо через відсутність несприятливих чинників.

Перелік конструкцій та елементів із вказівкою категорій за призначенням і за напруженим станом наведено в додатку А ДБН В.2.6-198 [9]. Вибірка з цієї таблиці для найбільш поширених елементів наведена у додатку А.

В більшості випадків вибір сталі виконують для металевих елементів конструкцій, які працюють в звичайних умовах, які не характеризуються високим ступенем агресивності середовища та важким режимом експлуатації з високою часткою динамічних навантажень.

Залежно від наведених чинників конструкції та елементи поділяються на чотири групи згідно з вказівками таблиці А.1. ДБН В.2.6-198 [9]. Вибір сталей для груп конструкцій слід виконувати згідно з додатком Г ДБН В.2.6-198 [9].

Вибір сталі виконують у такій послідовності:

- приймають за даними проекту клас наслідків (відповідальності) будівлі або споруди;

- встановлюють категорію конструкцій за призначенням і за напруженим станом згідно з даними таблиці А.1. ДБН В.2.6-198 [9], які частково наведені у таблиці А.1 додатку А цих методичних рекомендацій;

- на основі аналізу роботи елемента встановлюють особливості його роботи, а саме наявність в розрахункових перерізах значних розтягуючих напружень ($\sigma > 0,3R_y$). У випадку наявності зварних з'єднань в цих перерізах слід враховувати їх несприятливий вплив під час вибору сталі;

- згідно з таблицею 4.1 визначають значення параметрів $S_1 \dots S_5$ у балах, які враховують розглянуті чинники;

- визначають сумарний показник S_{tot} , яким враховують всі впливові чинники

$$S_{tot} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5; \quad (4.1)$$

- в залежності від сумарного показника S_{tot} визначають групу сталевих конструкцій за умовами таблиці 4.2;

- в залежності від встановленої групи конструкцій визначають допустимі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 27

класи сталі згідно з таблицею А.2 у додатку А [9, табл. Г.1].

Таблиця 4.1 – Показники груп конструкцій [9, табл. А.2]

Чинник	Позначення	Характеристика	Показник, балів
Клас наслідків (відповідальності)	S ₁	СС3	4
		СС2, СС1	0
Категорія за призначенням	S ₂	А	11
		Б	4
		В	1
Категорія за напруженим станом	S ₃	І	8
		ІІ	5
		ІІІ	1
Наявність розтягувальних напружень від розрахункового навантаження	S ₄	є	7
		немає	2
Несприятливий вплив зварних з'єднань	S ₅	є	6
		немає	2
Примітка. Несприятливий вплив зварних з'єднань слід враховувати, якщо вони розташовані у місцях дії значних розрахункових розтягувальних напружень ($\sigma > 0,3R_y$; $\sigma > 0,3R_{wz}$), або в місцях, де міцність зварного з'єднання визначає придатність до експлуатації конструкції в цілому.			

Таблиця 4.2 – Призначення групи сталевих конструкцій в залежності від значення сумарного показника S_{tot}

Значення показника S _{tot} , балів	S _{tot} > 26	23 ≤ S _{tot} ≤ 26	19 ≤ S _{tot} ≤ 22	S _{tot} ≤ 18
Група конструкцій	Група 1	Група 2	Група 3	Група 4

4.2 Приклад вибору сталі

Умова задачі. Обрати сталь для виконання металевого тяжа (жорсткої відтяжки) димової труби котельні, який працює на розтяг. Петлі тяжа в місцях кріплення виконуються за допомогою зварювання (див. рис. 4.1). Клас наслідків (відповідальності) будівлі котельні – СС2.

Розв'язання задачі.

- 1) Клас наслідків (відповідальності) будівлі за вихідними даними – СС2;
- 2) Визначаємо із застосуванням таблиці А.1 додатку А категорію конструкцій за призначенням (відповідальністю) і за напруженим станом. За п.7б таблиці А.1

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 28

додатку А: категорія за призначенням – А; категорія за напруженим станом – І.

3) Виконуємо попередній аналіз умов роботи елемента. Елемент відтяжки працює при центральному розтягу із розтягуючими напруженнями близькими до розрахункового опору сталі, тому *треба враховувати несприятливий вплив розтягуючих напружень*. В зоні значних розтягуючих зусиль виконуються зварні з'єднання в місцях кріплення петель відтяжки до петель на стовбурі вежі та фундаментів відтяжок, тому *треба враховувати несприятливий вплив зварних з'єднань*.

а)



б)



Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд металевої димової труби котельні, що підкріплена тязами (а) та попереднє креслення відтяжки (б)

4) Визначаємо показники параметрів $S_1 \dots S_5$ у балах згідно з таблицею 4.1 та сумарний показник S_{tot} за формулою (4.1). Розрахунок виконуємо в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Визначення групи металевих конструкцій

Чинник	Характеристика	Показник балів
Клас (наслідків) відповідальності	СС2	$S_1 = 0$
Категорія за призначенням (відповідальності)	А	$S_2 = 11$
Категорія за напруженим станом	І	$S_3 = 8$
Наявність розтягувальних напружень	Є	$S_4 = 7$
Несприятливий вплив зварних з'єднань	Є	$S_5 = 6$
$S_{tot} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 =$		32

5) За умовами таблиці 4.2 визначаємо групу сталевих конструкцій. Оскільки $S_{tot} = 32 > 26$ за таблицею 4.2 приймаємо, що тяж сталевий відноситься до групи

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 82 / 29</i>

сталевих конструкцій «Група 1».

б) Для «групи 1» сталевих конструкцій приймаємо з таблиці А.2 у додатку А мінімально допустимий клас сталі для металевого тяжа (відтяжки) С255. У випадку необхідності збільшення класу сталі також є допустимі такі класи сталі як С295 або С325.

4.3 Практичні завдання

Викладач викликає здобувачів для розв'язання задачі на занятті. В процесі розв'язання виконує опитування здобувачів.

В рамках індивідуальних завдань на подальших заняттях здобувачі під час вирішення задач із розрахунку міцності елементів сталевих конструкцій виконують підбір сталі за розглянутим алгоритмом.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 30

ТЕМА 5. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМУ РОЗТЯГУ

Мета заняття: закріпити знання з теоретичного курсу та набути вміння та навички з розрахунку та конструювання металевих елементів конструкцій, які працюють на розтяг.

5.1 Теоретичні відомості

Розрахунок розтягнутих елементів виконують у відповідності до п. 8.1 ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування» [9] за формулами (5.1) – (5.2):

$$\frac{N \cdot \gamma_n}{A_n \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (5.1)$$

$$\frac{N \cdot \gamma_u \cdot \gamma_n}{A_n \cdot R_u \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (5.2)$$

де N – осьове зусилля розтягу;

A_n – площа поперечного перерізу стержня «нетто» за вирахуванням усіх змін перерізу, отворів...;

γ_n – коефіцієнт надійності за відповідальністю,

γ_c – коефіцієнт умов роботи.

Формула (5.1) застосовується, якщо елементи виготовлений зі сталей з $\frac{R_{un}}{\gamma_u} > R_y$.

Це характерно для переважної більшості будівельних сталей.

Для елементів, які розраховують за міцністю (формула 5.2) з використанням розрахункових опорів R_u , вводиться коефіцієнт надійності $\gamma_u = 1,3$.

Для одиночних кутиків, що приєднуються однією полицею болтами слід, окрім формули (5.1) використовувати додаткову перевірочні формулу (5.3):

$$\alpha = \frac{N \cdot \gamma_n \cdot \gamma_u}{A_n \cdot R_u \cdot \gamma_{cl}} \quad (5.3)$$

де γ_{cl} – коефіцієнт умов роботи, що визначається за додатком Е ДБН В.2.6-198:2014 [9]. Він залежить від кількості кріпильних болтів, геометричних параметрів кріплення.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 31

5.2 Приклад розрахунку та конструювання металевого елемента, що працює при центральному розтягу (задача №1)

Умова задачі. Перевірити міцність, за потреби, відкоригувати розміри сталевого тяжу, що підтримує димову трубу котельні, який працює на розтяг (див. рис. 4.1). Зусилля розтягу у тяжі $N = 45$ кН, сталь – С255 (див. п. 4.2), попередній діаметр стержня круглого прокату, з якого виготовлений тяж – 16 мм. Необхідно законструювати тяж довжиною між осями кріплень – 20 м. Клас наслідків будівлі котельні – СС2.

Записуємо скорочено умову задачі:

Дано:

$$D = 16 \text{ мм}$$

С255, круглий прокат

$$N = 45 \text{ кН}$$

Клас насл. – СС2

$$L = 20 \text{ м}$$

Знайти:

Коефіцієнт використання

За потреби, підібрати D , або сталь

Розв'язок задачі.

1) Визначаємося з напружено-деформованим станом. Тяж працює на розтяг згідно з умовою задачі.

2) Визначаємося з характеристиками сталі С255, діаметр 16 мм за таблицею Г.2, додатку Г ДБН В.2.6-198:2014 [9]:

$$R_y = 240 \text{ МПа}, R_u = 360 \text{ МПа.}$$

3) Перевіряємо умову:

$$R_u / \gamma_u = 360 / 1,3 = 277 \text{ МПа} > R_y = 240 \text{ МПа.}$$

Тому розрахунок виконуємо за формулою (5.1), тобто, за межею текучості.

4) За таблицею 5.1 ДБН В.2.6-198:2014 [9] визначаємо коефіцієнт γ_c :

$$\gamma_c = 0,9 \text{ (п. 5 табл. [9] – зтяжки, тяги, відтяжки ...).}$$

5) Визначаємо площу перерізу тяжу (нетто). За умовою задачі послаблень немає, тому:

$$A_n = \pi \cdot D^2 / 4 = \pi \cdot 16^2 / 4 = 201 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

6) Клас наслідків (відповідальності) котельні за умовою задачі – СС2, відтяжка відноситься до основних несучих конструкцій, категорія А, тому, згідно з таблицею 5 ДБН В.1.2-14:2018 [7]:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 32

$\gamma_n = 1,1$ (для розрахунку за 1 групою граничних станів)

7) Умова міцності:

$$\alpha = \frac{N \cdot \gamma_n}{A_n \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{45 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{201 \cdot 10^{-6} \cdot 230 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 1,19$$

$$\alpha = 1,19 > 1,0$$

Умову не виконано! Потрібне підсилення перерізу тяжу, або заміна сталі!

8) Отриманий негативний результат. При цьому можливі де-кілька варіантів підсилення тяжу, що полягають у заміні проектної сталі, з якої планується виготовити тяж, збільшення діаметра кругляка, або застосування обох методів разом.

9) **Варіант 1 підсилення тяжа димової труби із заміною сталі.** Оскільки переріз перевантажений на 19%, характеристики нової сталі мають бути близько 20% кращі.

$$R_{y1} = R_y \cdot 1,2 = 230 \cdot 1,2 = 276 \text{ (МПа)}$$

10) Згідно з табл. Г.2 ДБН В.2.6-198:2014 [3] вибираємо нову сталь С295 з такими характеристиками:

$$R_{y1} = 285 \text{ МПа}, \quad R_{u1} = 420 \text{ МПа}$$

11) Виконуємо повторну перевірку:

$$R_{u1} / \gamma_{u1} = 420 / 1,3 = 323 \text{ (МПа)} > R_{y1} = 285 \text{ МПа.}$$

Коригування алгоритму не потрібне.

12) Подальший розрахунок ведемо за формулою (5.1). Коефіцієнт використання перерізу підсиленого за варіантом 1 тяжу:

$$\alpha_1 = \frac{N \cdot \gamma_n}{A_n \cdot R_{y1} \cdot \gamma_c} = \frac{45 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{201 \cdot 10^{-6} \cdot 285 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 0,96$$

13) Умова міцності підсиленого за варіантом 1 тяжу:

$$\alpha = 0,96 < 1,0$$

Умову виконано. Міцність тяжу забезпечена.

14) **Варіант 2 підсилення із збільшенням діаметра кругляка.** Оскільки переріз перевантажений на 19%, збільшення площі повинно бути не менше, ніж на 20%. Отже, потрібна площа перерізу тяжа:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 33

$$A_{un2} = A_n \cdot 1,2 = 201 \cdot 1,2 = 242 \text{ (мм}^2\text{)}$$

15) Обчислюємо новий потрібний діаметр, узгоджуємо його із сортаментом:

$$D_{u2} = \sqrt{4 \cdot A_{u2} / \pi} = \sqrt{4 \cdot 242 / \pi} = 17,55 \approx 18 \text{ (мм)}$$

16) Новий діаметр не перевищує 20 мм, тому коригування характеристик сталі не потрібне.

17) Площа перерізу тягу після збільшення:

$$A_{n2} = \pi \cdot D_2^2 / 4 = \pi \cdot 18^2 / 4 = 254 \text{ (мм}^2\text{)} > A_{u2} = 242 \text{ мм}^2$$

18) Подальший розрахунок ведемо за формулою (5.1). Коефіцієнт використання перерізу підсиленого за варіантом 2 тягу:

$$\alpha_2 = \frac{N \cdot \gamma_n}{A_{n2} \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{45 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{254 \cdot 10^{-6} \cdot 230 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 0,94$$

19) Умова міцності підсиленого за варіантом 2 тягу:

$$\alpha = 0,94 < 1,0$$

Умову виконано. Міцність тягу забезпечена.

20) Загальні висновки по задачі 1.1.

А) Проектний тяг зі сталі С255 діаметром 16 мм перевантажений на 19% та потребує підсилення.

Б) Тяг, підсилений за варіантом 1 (заміна матеріалу) діаметром 16 мм із міцнішою сталлю С295 відповідає вимогам міцності, коефіцієнт використання перерізу 0,96.

В) Тяг, підсилений за варіантом 2 (збільшення перерізу) діаметром 18 мм зі сталі С235 відповідає вимогам міцності, коефіцієнт використання перерізу 0,94.

21) Конструювання.

За результатами виконаних розрахунків студент розробляє ескіз рішення підсиленого за варіантом 1 або 2 тягу, що відповідає умові міцності. В цій задачі прийнято рішення законструювати (розробити робочі креслення) тяг за підсиленим варіантом 1, яке показано на рисунку 5.1.

5.3 Індивідуальне завдання

Здобувачі за наведеним прикладом вирішують задачу №1 за варіантами, які наведені у додатку Б.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 34

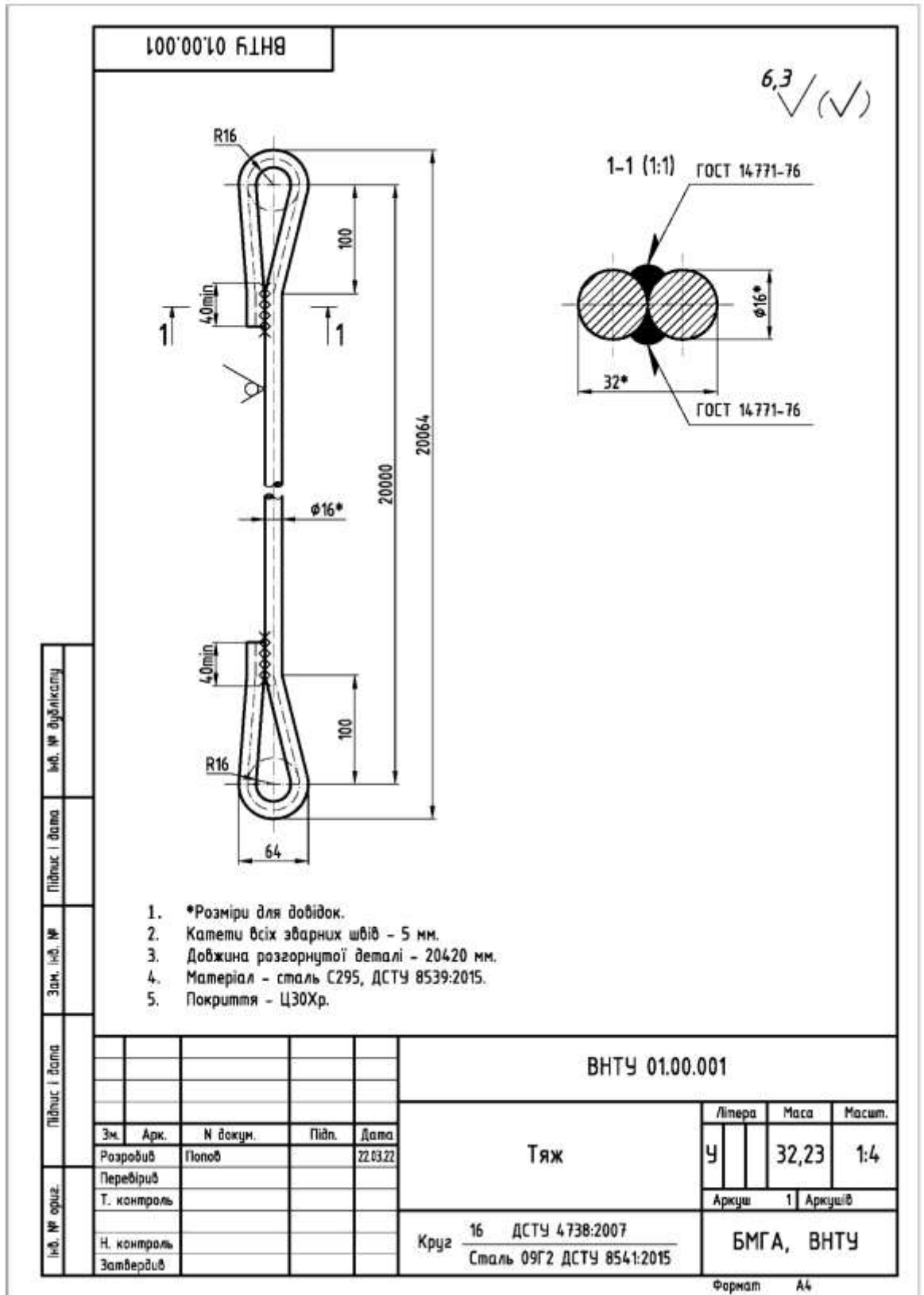


Рисунок 5.1 – Конструкція підсиленого за варіантом 1 тяжу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 35

ТЕМА 6. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРІ ЦЕНТРАЛЬНОМУ СТИСКУ

Мета заняття: закріпити знання з теоретичного курсу та набути вміння та навички з розрахунку та конструювання металевих елементів конструкцій, які працюють на центральний стиск.

6.1 Теоретичні відомості

6.1.1 Розрахунок міцності при центральному стиску

Робота стиснутого елемента під навантаженням за міцністю аналогічна розтягу. Тому розрахункові формули для визначення міцності при стиску аналогічні розтягу (дивись функціонали (5.1), (5.2)). Розрахунок міцності елементів при центральному стиску, як правило, необхідний для елементів кріплення. Ці елементи мають порівняно невелику довжину та значні розміри перерізу, що унеможливорює їх механізм руйнування внаслідок втрати стійкості.

6.1.1 Розрахунок стійкості при центральному стиску

Для розрахунків перерізів відносно довгих елементів ($l/h > 10$) при центральному стиску, таких як колон, стійок, стиснутих елементів ферм та в'язів визначальним розрахунком є розрахунок стійкості при центральному стиску.

За відомим за завданням профілем визначають мінімальний радіус інерції

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} \quad (6.1)$$

Визначають гнучкість:

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i_{\min}} \quad (6.2)$$

Визначаємо умовну гнучкість:

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}} \quad (6.3)$$

Визначаємо коефіцієнт стійкості:

$$\varphi = \frac{0,5}{\bar{\lambda}^2} \cdot \left(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \cdot \bar{\lambda}^2} \right) \quad (6.4)$$

Коефіцієнт стійкості φ можна визначати за таблицею Ж.1 ДБН В.2.6-198:2014 [3].

Тут параметр:


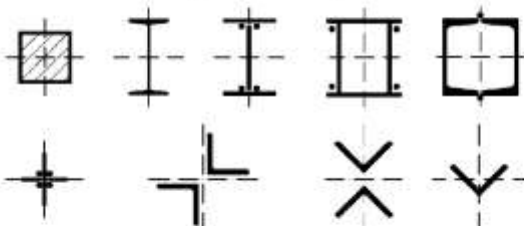
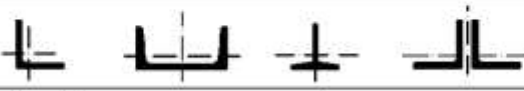
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 36

$$\delta = 9,87 \cdot (1 - \alpha + \beta \cdot \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2 \quad (6.5)$$

Суть числового коефіцієнта $\pi^2 = 9,87$.

Значення коефіцієнтів α і β , що характеризують початкові недосконалості форми та залишкові напруження і визначаються за табл. 8.1 ДБН В.2.6-198:2014 [9] або за таблицею 6.1, яка дублює нормативну.

Таблиця 6.1. Значення коефіцієнтів α і β для формули (6.5)

Тип поперечного перерізу	Тип кривої стійкості	Значення коефіцієнтів	
		α	β
	a	0,03	0,06
	b	0,04	0,09
	c	0,04	0,14

Примітка. Для прокатних двотаврів заввишки понад 500 мм у разі розрахунку на стійкість у площині стінки приймається тип кривої стійкості a.

Граничне значення φ , не менше:

$$\varphi = 7,6 / \bar{\lambda}^2 \quad (6.6)$$

При кривій стійкості «А» $\bar{\lambda} > 3,8$;

При кривій стійкості «В» $\bar{\lambda} > 4,4$;

При кривій стійкості «С» $\bar{\lambda} > 5,8$.

При $\bar{\lambda} < 0,4$ слід приймати $\varphi = 1$.

Також φ можна приймати за даними додатку Ж ДБН В.2.6-198:2014 [9], який узагальнено у вигляді таблиці 6.2, або за графіком на рис. 6.1.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 37

Таблиця 6.2. Коефіцієнти стійкості φ для профілів з кривими втрати стійкості a, b, c

Умовна гнучкість $\bar{\lambda}$	Коефіцієнт φ для типів кривих стійкості			Умовна гнучкість $\bar{\lambda}$	Коефіцієнт φ для типів кривих стійкості		
	a	b	c		a	b	c
0,4	999	998	992	5,4	261	261	255
0,6	994	986	950	5,6	242	242	240
0,8	981	967	929	5,8	226	226	226
1,0	968	948	901	6,0		211	
1,2	954	927	878	6,2		198	
1,4	938	905	842	6,4		186	
1,6	920	881	811	6,6		174	
1,8	900	855	778	6,8		164	
2,0	877	826	744	7,0		155	
2,2	851	794	709	7,2		147	
2,4	820	760	672	7,4		139	
2,6	785	722	635	7,6		132	
2,8	747	683	598	7,8		125	
3,0	704	643	562	8,0		119	
3,2	660	602	526	8,5		105	
3,4	615	562	492	9,0		094	
3,6	572	524	460	9,5		084	
3,8	530	487	430	10,0		076	
4,0	475	453	401	10,5		069	
4,2	431	421	375	11,0		063	
4,4	393	392	351	11,5		057	
4,6	359	359	328	12,0		053	
4,8	330	330	308	12,5		049	
5,0	304	304	289	13,0		045	
5,2	281	281	271	14,0		039	

Примітка. Наведені у таблиці значення коефіцієнта φ збільшені в 1000 разів.

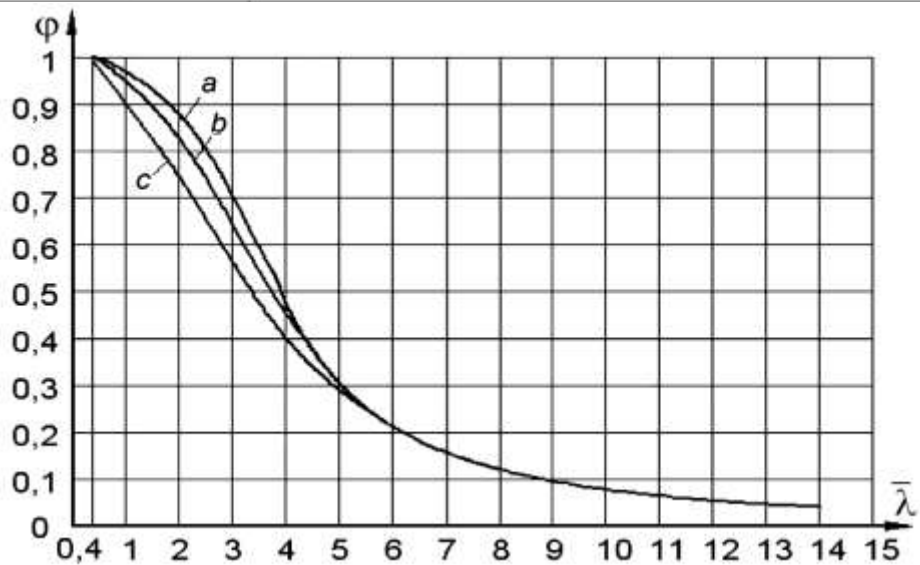


Рисунок 6.1 – Значення коефіцієнта повздожнього згину φ для різних кривих стійкості («а», «б», «с») в залежності від умовної гнучкості.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 38

Умова стійкості:

$$\frac{N \cdot \gamma_n}{\varphi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (2.7)$$

де N – осьове зусилля розтягу;

φ – коефіцієнт стійкості (коефіцієнт повздовжнього згину);

A – площа поперечного перерізу стержня «брутто» без урахування отворів,

γ_n – коефіцієнт надійності за відповідальністю,

γ_c – коефіцієнт умов роботи.

6.2 Приклад практичного розрахунку. Задача №2.1. Робота металоконструкцій при стиску

Умова задачі. Перевірити міцність і стійкість, за потреби, відкоригувати розміри сталевий трубчастій колони (труба – горячекатана) виробничої будівлі, яка приварюється знизу до шарнірної закладної деталі, а згори сприймає навантаження від балок і ферм (умовне шарнірне закріплення в двох площинах). Загальне стискаюче зусилля $N=500$ кН (однакове для всіх типів колон), матеріал – сталь 20, попередній діаметр труби 159 мм, товщина стінки 6 мм. Виконати конструювання колони крайнього (К-4) та середнього (К-1) ряду. Висота колон К-1 та К-4 – 5,588 м. Клас наслідків виробничої будівлі – СС3.

Записуємо скорочено умову задачі:

Дано:

Параметри перерізу $D \times t = 159 \times 6$ мм

Сталь 20,

Навантаження $N=500$ кН,

Висота $H=5,588$ м

Знайти:

Коефіцієнт використання

За потреби, підібрати D, t

Розв'язок задачі.

1) Визначаємося з напружено-деформованим станом. Колони працюють на центральний стиск згідно з умовою задачі.

2) Визначаємося з міцнісними характеристиками Сталі 20, за таблицею Г.3, додатку Г ДБН В.2.6-198:2014:

$$R_y = 225 \text{ МПа}, R_u = 375 \text{ МПа}.$$

3) Перевіряємо умову:

$$R_u / \gamma_u = 375 / 1,3 = 288 \text{ МПа} > R_y = 225 \text{ МПа}.$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 39

4) Визначаємо розрахункові характеристики перерізу. Площа нетто за сортаментом: $A_n = 28,84 \text{ см}^2 = 2884 \text{ мм}^2$.

5) Визначаємо коефіцієнт умов роботи для колони виробничої будівлі $\gamma_c = 1,0$ (немає в переліку таблиці 5.1 ДБН В.2.6-198:2014 [9]).

6) Визначаємо коефіцієнт надійності для 1 групи граничних станів, СС-3, категорія А $\gamma_n = 1,25$.

7) Умова міцності (формула (5.1)):

$$\alpha = \frac{N \cdot \gamma_n}{A_n \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{500 \cdot 10^3 \cdot 1,25}{2884 \cdot 10^{-6} \cdot 225 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0,96 < 1$$

Умову виконано. Міцність стиснутої колони забезпечено.

8) Переходимо до розрахунку стійкості. Для цього визначаємо необхідний параметр – мінімальний радіус інерції. Розрахунки ведемо за формулою (6.1) або за даними сортамента.

За сортаментом радіус інерції круглої труби діаметром 159 мм, товщиною стінки 6 мм:

$$i_{\min} = i_x = i_y = 5,41 \text{ см} = 54,1 \text{ мм}.$$

9) Розрахункова довжина колон, враховуючи умови закріплення (за умовою задачі – з обох боків – шарнір):

$$\mu = 1$$

10) Розрахункова довжина в усіх можливих площинах згину:

$$l_{ef} = 1 \cdot \mu = 5,588 \cdot 1 = 5,588 \text{ (м)}$$

11) Розраховуємо гнучкість за формулою (6.2):

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i_{\min}} = \frac{5588}{54,1} = 104$$

12) Гранична гнучкість центрально стиснутих колон:

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot \alpha$$

$$(\lambda = 104) < (\lambda_{u,\min} = 120).$$

Умову виконано.

13) Умовна гнучкість сталі 20 при модулі пружності $E = 2,06 \cdot 10^{11} \text{ Па}$

$$\bar{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 104 \cdot \sqrt{\frac{225 \cdot 10^6}{2,06 \cdot 10^{11}}} = 3,4 > 0,4$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 40

Елемент – довгий. Отже, потрібний розрахунок на стійкість!

14) Визначаємось з типом перерізу за формою втрати стійкості.

Згідно табл. 8.1 ДБН В.2.6-198:2014 [9] кругла труба відноситься до типу перерізу з кривою втрати стійкості «а» (замкнуті жорсткі перерізи).

15) З таблиці 8.1 ДБН В.2.6-198:2014 [9], або з табл. 6.1 виписуємо значення коефіцієнтів альфа і бета для подальших розрахунків:

$$\alpha = 0,03, \beta = 0,06$$

16) Обчислюємо параметр дельта, формула (6.5):

$$\delta = 9,87 \cdot \left(1 - \alpha + \beta \cdot \lambda \right) + \lambda = 9,87 \cdot (1 - 0,03 + 0,06 \cdot 3,4) + 3,4^2 = 23,15$$

17) Оскільки $\lambda = 3,4 < 3,8$ коригування φ не потрібне.

18) Коефіцієнт повздовжнього згину, φ , (співпадає з даними табл. Ж.1) ДБН В.2.6-198:2014 [9], або з даними табл. 6.2, або графічно, (рис. 6.1), або за формулою (6.4):

$$\varphi = \frac{0,5}{\lambda} \cdot \left(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \cdot \lambda} \right) = \frac{0,5}{3,4^2} \cdot \left(23,15 - \sqrt{23,15^2 - 39,48 \cdot 3,4^2} \right) = 0,615$$

19) Умова стійкості (формула (6.7)):

$$\alpha = \frac{N \cdot \gamma_n}{\varphi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{500 \cdot 10^3 \cdot 1,25}{0,615 \cdot 2884 \cdot 10^{-6} \cdot 225 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 1,57 > 1$$

Умову не виконано!!! Потрібне підсилення трубчастого перерізу. Вибираємо метод збільшення перерізу, оскільки горячекатані труби виготовляють, в основному, зі сталі 20.

20) Шляхом ітераційного перебору зупиняємось на трубі 219 x 6 мм зі сталі 20, площею перерізу $A = A_n = 40,15 \text{ см}^2 = 4015 \text{ мм}^2$, радіусом інерції $i = 7,53 \text{ см} = 75,3 \text{ мм}$. Повторюємо всі розрахунки на стійкість.

21) Гнучкість, формула (6.2):

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i_{min}} = \frac{5588}{75,3} = 74$$

22) Гранична гнучкість:

$$\lambda_u = \min(180 - 60 \cdot \alpha) = 120$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 41

$$(\lambda = 74) < (\lambda_{u,\min} = 120).$$

Умову виконано.

23) Умовна гнучкість (формула (6.2)):

$$\bar{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 74 \cdot \sqrt{\frac{225 \cdot 10^6}{2,06 \cdot 10^{11}}} = 2,42 > 0,4$$

Елемент – довгий. Отже, потрібний розрахунок на стійкість!

24) Нове значення параметра дельта (формула (6.5)):

$$\delta = 9,87 \cdot \left(1 - \alpha + \beta \cdot \bar{\lambda} \right)^{-2} + \bar{\lambda} = 9,87 \cdot (1 - 0,03 + 0,06 \cdot 2,42)^{-2} + 2,42^2 = 16,87.$$

25) Коефіцієнт стійкості φ (формула (6.4)):

$$\varphi = \frac{0,5}{\bar{\lambda}} \cdot \left(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \cdot \bar{\lambda}} \right)^{-2} = \frac{0,5}{2,42^2} \cdot \left(16,87 - \sqrt{16,87^2 - 39,48 \cdot 2,42^2} \right)^{-2} = 0,816.$$

26) Умова стійкості (6.7):

$$\alpha = \frac{N \cdot \gamma_n}{\varphi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{500 \cdot 10^3 \cdot 1,25}{0,816 \cdot 4015 \cdot 10^{-6} \cdot 225 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0,85 < 1.$$

Умову виконано.

27) Міцність і стійкість колони збільшеного перерізу з труби діаметром 219 мм товщиною стінки 6 мм, що виготовлена зі сталі 20, забезпечена.

28) Коефіцієнт використання перерізу – 85% по стійкості.

29) Конструювання.

За результатами виконаних розрахунків студент розробляє ескіз рішення стрижня колони (якщо перша умова стійкості виконана), або підсиленого стрижня, рис. 6.2.

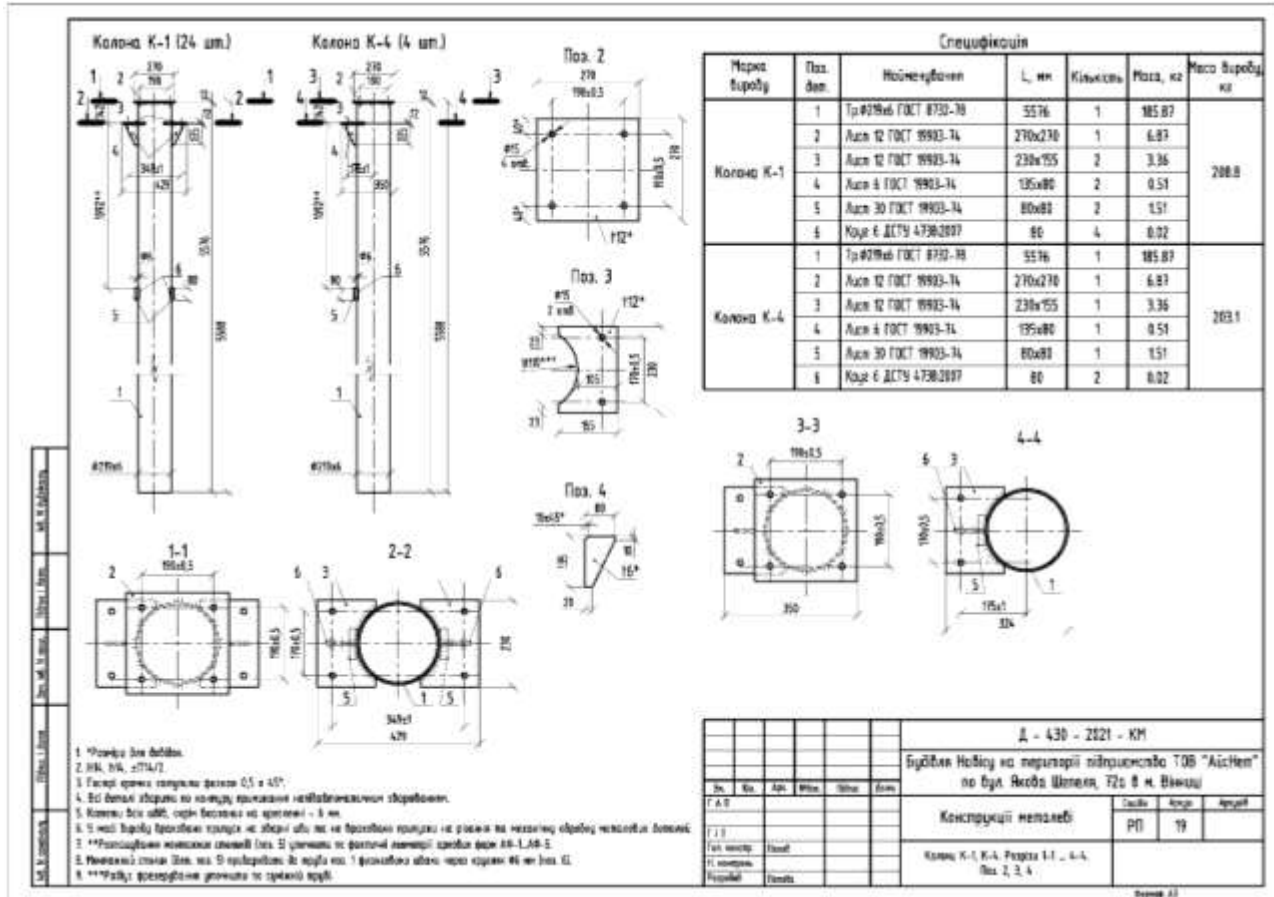


Рисунок 6.2 – Конструктивне рішення колон К-1 та К-4, що підсилена для забезпечення стійкості

6.3 Індивідуальне завдання

Здобувачі за наведеним прикладом вирішують задачу №2 за варіантами, які наведені у додатку Б.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 43

ТЕМА 7 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СУЦІЛЬНОГО ПЕРЕРІЗУ МК ПРИ ЗГИНІ

Мета заняття: закріпити знання з теоретичного курсу та набути вміння та навички з розрахунку та конструювання металевих елементів суцільного перерізу, які працюють на згин.

7.1 Теоретичні відомості

Найбільш типовим прикладом елементів, що згинаються, є балка, на яку одночасно діють згинальні моменти M та перерізувальні сили Q .

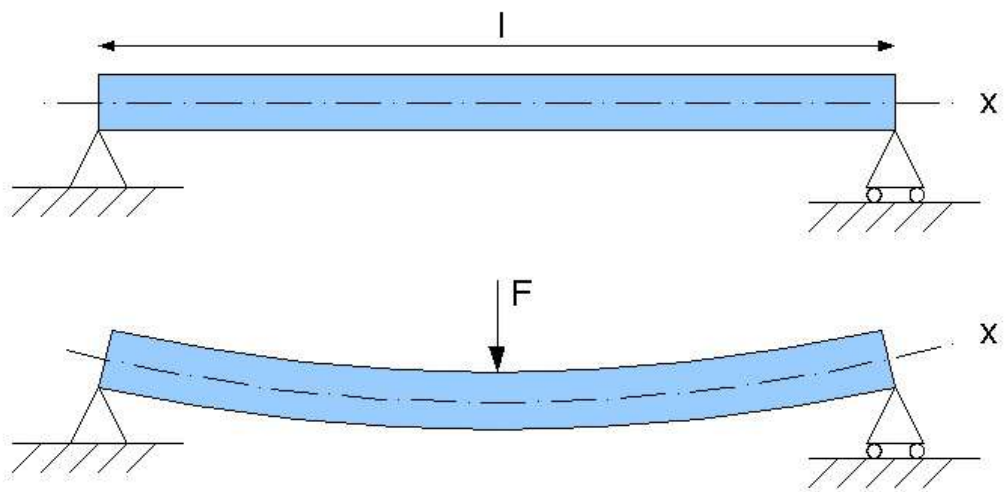


Рисунок 7.1 – Модель балки, що працює на плоский згин.

У перерізі зігнутої балки виникають нормальні напруження в місці дії екстремального згинального моменту. Для балки, зображеної на рис. 7.1 цей переріз розташований під перерізувальною силою F . Ці напруження можна визначити за формулою (7.1).

$$\sigma = \frac{M \cdot \gamma_n \cdot y}{I} \quad (7.1)$$

Тут y — відстань від центру ваги перерізу до шару волокон, у яких визначають нормальні напруження; I — момент інерції перерізу відносно головної центральної осі, перпендикулярної до площини дії моменту.

Визначаємо момент опору перерізу за формулою (7.2), або, якщо профіль прокатний, виписуємо цей параметр за сортаментом.

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}} \quad (7.2)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 44

Згідно з ДБН В.2.6-198:2014 [9, формула (9.1)] визначаємо, чи задовольняється умова міцності за нормальними напруженнями:

$$\left(\alpha = \frac{M_x \cdot \gamma_n}{W_{n,\min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \right) \leq 1 \quad (7.3)$$

Якщо умова (7.3) задовольняється, виконуємо перевірку балки за дотичними напруженнями. Величину дотичних напружень можна оцінити за формулою Журавського (7.4):

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{I \cdot b} \quad (7.4)$$

Тут S — статичний момент частини площі перерізу, розміщеної між рівнем у i краєм перерізу, відносно цієї ж осі; b — ширина чи товщина перерізу на цьому рівні). Інші позначення дивись формулу (7.1).

Для балки, зображеної на рисунку 7.1, максимальне значення дотичних напружень спостерігається у перерізі, що розташований поряд з опорами.

Згідно з ДБН В.2.6-198:2014 [9, формула 9.2] визначаємо, чи задовольняється умова міцності за нормальними напруженнями:

$$\frac{Q_{\max} \cdot S_x \cdot \gamma_n}{I_x \cdot t_w \cdot R_s \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (7.5)$$

Тут t_w – товщина стінки перерізу на рівні нейтральної осі.

Після перевірок міцності небезпечних перерізів, виконують перевірку жорсткості згідно з вимогами ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення» [10]. Повинна виконуватися умова жорсткості:

$$f \leq f_u \quad (7.6)$$

Якщо умова жорсткості не виконується, переріз балки слід підсилити.

Для балок, у яких в небезпечних перерізах можуть одночасно виникати нормальні і дотичні напруження, слід виконати перевірку цих перерізів на дію еквівалентних напружень:

$$\alpha = \frac{0,87 \cdot \gamma_{n1} \cdot \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2}}{R_y \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (7.7)$$

Якщо умову (7.7) не виконано слід виконати підсилення балкової конструкції.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 45

7.2 Приклад розрахунку сталевих елементів, що працюють на плоский згин. Задача №3)

Умова задачі. Перевірити міцність нормального перерізу, перевірку дотичних напружень, та деформації прокатної балки перекриття книгосховища класу наслідків СС3 з двотавра №16 за ДСТУ 8768:2018, що завантажена двома зосередженими силами P , улаштованими на $1/3$ прольоту. Довжина балки – 4,5 м. Умови обпирання – шарнірні на обох кінцях. Кріплення балки до сусідніх конструкцій – 2-ма болтами М16 через кріплення до стінки $P = 16$ кН. Коефіцієнт надійності за навантаженням 1,2. За потреби, відкоригувати розміри профілю. Болти при розрахунку не перевіряти!!!

Записуємо скорочено умову задачі:

Дано:

Двт. №16,
С245, $K = 1,2$
 $P = 16$ кН х 2 ($1/3L$),
 $L = 4,5$ м

Знайти:

Коефіцієнт використання
За потреби, підібрати № двотавра

Розв'язок задачі:

1) Визначаємося з напружено-деформованим станом. Балка працює на плоский згин згідно з умовою задачі.

2) Визначаємося з характеристиками сталі 255, за таблицею Г.2, додатку Г ДБН В.2.6-198:2014 [9]:

$$R_y = 240 \text{ МПа}, R_u = 360 \text{ МПа}, R_s = 0,58 \cdot R_y = 0,58 \cdot 240 = 139 \text{ МПа}.$$

3) Перевіряємо умову:

$$R_u / \gamma_u = 360 / 1,3 = 277 \text{ МПа} > R_y = 240 \text{ МПа}.$$

Умову виконано. Розрахунок ведемо за розрахунковим опором R_y .

4) Коефіцієнт умов роботи для балки суцільного перерізу $\gamma_c = 0,9$ (п. 1: Балки суцільного перерізу перекриттів будівлі книгосховища, яка має клас наслідків (відповідальності) СС3, [7, табл. 5.1]). Коефіцієнт надійності для категорії конструкції А, для 1-ї групи граничних станів $\gamma_{n1} = 1,25$. Коефіцієнт надійності для 2-ї групи граничних станів $\gamma_{n2} = 1,0$. Коефіцієнт надійності за навантаженням $K = \gamma_{fm} = 1,2$.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 46

5) Характеристики двотавра №16 за сортаментом: момент інерції перерізу у площині згину $J_x = 873 \text{ см}^4$; момент опору перерізу у площині згину $W_x = 109 \text{ см}^3$; статичний момент опору перерізу $S_x = 62,3 \text{ см}^3$; товщина стінки двотавра $t_w = 7,8 \text{ мм}$.

6) Будуємо розрахункову схему балки за умовою задачі та епюри згинальних моментів та поперечних сил від експлуатаційного навантаження (рис. 3.2).

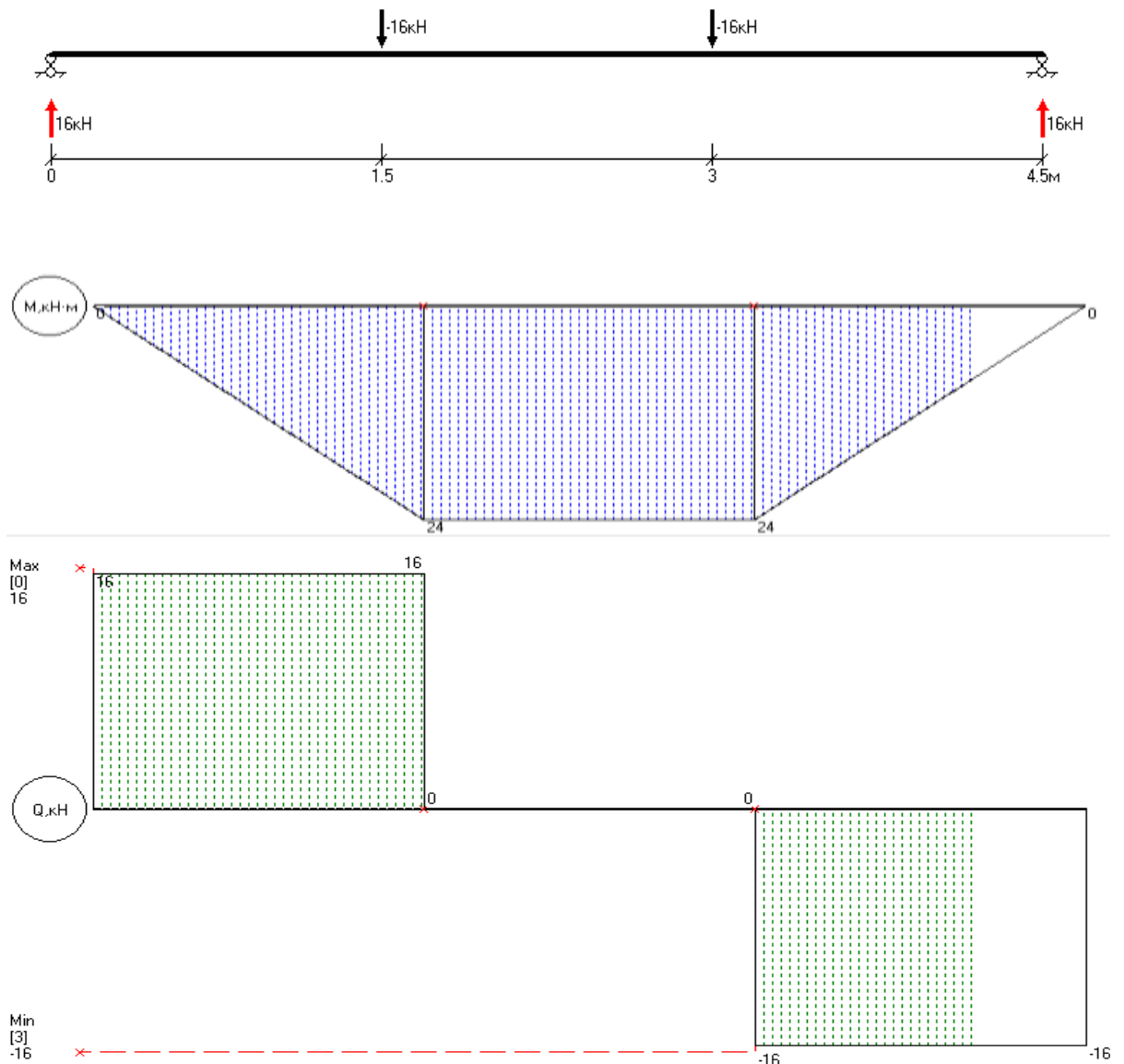


Рисунок 7.2 – Розрахункова схема та епюри балки

7) Максимальне значення внутрішніх зусиль (нормативне значення, 2 гр. гр. ст.):

Максимальний згинальний момент: $M_{n, \max} = +24 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Максимальне значення поперечної сили $Q_{n, \max} = 16 \text{ кН}$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 47

8) Визначаємо максимальне розрахункове граничне значення внутрішніх зусиль для подальшого розрахунку за 1 групою граничних станів:

Граничне значення згинального моменту:

$$M_{p, \max} = M_{n, \max} \cdot \gamma_{fm} = +24 \cdot 1,2 = +28,8 \text{ (кН} \cdot \text{м)}$$

Максимальне (граничне) значення поперечної сили:

$$Q_{p, \max} = Q_{n, \max} \cdot \gamma_{fm} = 16 \cdot 1,2 = 19,2 \text{ (кН} \cdot \text{м)}$$

9) Перевірка міцності за нормальними перерізами (1 група граничних станів), формула (7.3):

$$\alpha = \frac{M_{p, \max} \cdot \gamma_{nl}}{W_{x,16} \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{28,8 \cdot 10^3 \cdot 1,25}{109 \cdot 10^{-6} \cdot 240 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 1,53 > 1$$

Умову міцності нормальних перерізів балки не виконано! Подальші перевірки не доцільні. Необхідно збільшити № двотавра.

10) Потрібний момент опору збільшеного (підсиленого) перерізу:

$$W_{nu} = W_x \text{ (двт. 16)} \cdot \alpha = 109 \cdot 1,6 = 174,4 \text{ (см}^3\text{)}$$

11) За сортаментом найближчий за моментом опору двотавр №20. Геометричні характеристики: момент інерції у площині згину $J_x = 1840 \text{ см}^4$; момент опору у площині згину $W_x = 184 \text{ см}^3$; статичний момент опору $S_x = 104 \text{ см}^3$; товщина стінки $t_w = 8,4 \text{ мм}$. Вага 1 м.п. – 21 кг (вага 1 м.п. двотавра №16 – 15,9 кг).

12) Виконуємо перевірку міцності підсиленого (нормального) перерізу за нормальними перерізами при згині (1 група граничних станів):

$$\alpha = \frac{M_{p, \max} \cdot \gamma_{nl}}{W_{x,20} \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{28,8 \cdot 10^3 \cdot 1,25}{184 \cdot 10^{-6} \cdot 240 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 0,91 < 1$$

Умову виконано. Міцність нормального перерізу підсиленого двотаврового профілю забезпечено.

13) Переходимо до аналізу перерізів, що знаходяться під впливом дотичних напружень. Перевірка міцності за дотичними напруженнями при згині (1 група граничних станів):

$$\alpha = \frac{Q_{p, \max} \cdot S_x \cdot \gamma_n}{I_x \cdot t_w \cdot R_s \cdot \gamma_c} = \frac{19,2 \cdot 10^3 \cdot 104 \cdot 10^{-6} \cdot 1,25}{1840 \cdot 10^{-8} \cdot 8,4 \cdot 10^{-3} \cdot 139 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 0,13 < 1$$

Умову міцності за дотичними напруженнями виконано!

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 48

14) Визначення прогинів (2 група граничних станів).

Прогини визначаємо від експлуатаційних впливів. Розрахункове експлуатаційне значення згинальних моментів і поперечних сил визначено на попередніх етапах рішення задачі.

Згинальні моменти: $M_{n, \max} = +24 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Поперечна сила: $Q_{n, \max} = 16 \text{ кН}$

15) Для балки із трапецеїдальною епюрою згинальних моментів максимальний прогин буде спостерігатися в середині прольоту та буде рівний.

$$f_{\max} = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_n \cdot l^2}{E \cdot I_x} = \frac{5}{48} \cdot \frac{24 \cdot 10^3 \cdot 4,5^2}{2,06 \cdot 10^{11} \cdot 1840 \cdot 10^{-8}} = 0,013 \text{ (м)} = 13 \text{ (мм)}.$$

16) Граничні прогини згідно з ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення» [10] для балок перекриттів прольотом від 3 до 6 м:

$$f_u = \frac{1}{200} = \frac{4500}{200} = 22,5 \text{ (мм)}$$

17) Виконуємо перевірку за умовою жорсткості (7.6):

$$\{f_{\max} \cdot \gamma_{n2} = 13 \cdot 1,0 = 13 \text{ (мм)}\} < \{f_u = 22,5 \text{ мм}\}$$

Умову виконано. Жорсткість балки забезпечено.

18) Реальні прогини (методом опору матеріалів) на спеціалізованій програмі (рис. 7.3): $f_{\max} = 13,65 \text{ мм}$. Це значення близьке до обчисленого наближеними методами.

$$\{f_{\max} \cdot \gamma_{n2} = 13,65 \cdot 1,0 = 13,65 \text{ (мм)}\} < \{f_u = 22,5 \text{ мм}\}.$$

Умову виконано. Жорсткість балки забезпечено.

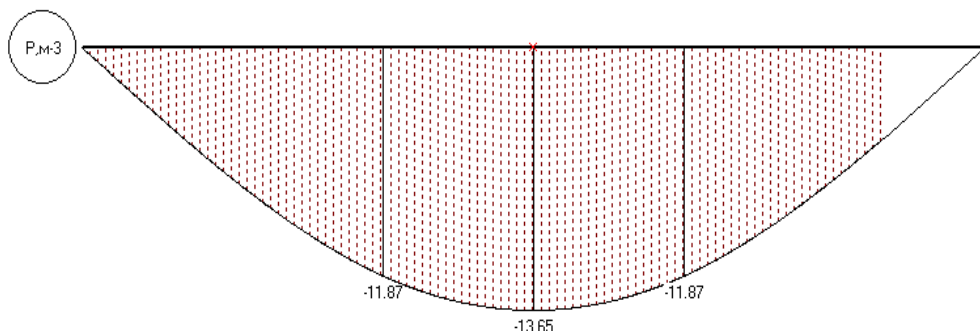


Рисунок 7.3 – Епюра прогинів, обчислена програмно.

19) Оскільки у балки в зоні дії перерізувальних сил можуть одночасно

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 49

виникати. Перевірка перерізів з одночасно діючими великими нормальними і дотичними напруженнями за міцністю за еквівалентними напруженнями, формула (7.7).

20) Визначаємо осьові напруження у небезпечних перерізах:

$$\sigma_x = \frac{M_{p, \max}}{W_{x,20}} = \frac{28,8 \cdot 10^3}{184 \cdot 10^{-6}} = 156 \text{ (МПа)}$$

21) Визначаємо дотичні напруження у цих же перерізах:

$$\tau_{xy} = \frac{Q_{p, \max} \cdot S_x}{I_x \cdot t_w} = \frac{19,2 \cdot 10^3 \cdot 104 \cdot 10^{-6}}{1840 \cdot 10^{-8} \cdot 8,4 \cdot 10^{-3}} = 12,9 \text{ (МПа)}$$

22) Умова міцності:

$$\alpha = \frac{0,87 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{(156 \cdot 10^6)^2 + 3 \cdot (12,9 \cdot 10^6)^2}}{240 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 0,8 < 1$$

Умову виконано! Міцність небезпечних перерізів на вплив еквівалентних напружень забезпечено!

23) Висновки:

А) Міцність вихідної балки за умовою задачі з двотавра №16 на сприйняття проектних навантажень не забезпечена. Перевантаження – 53%.

Б) Міцність підсиленої балки з двотавра №20 на сприйняття проектних навантажень забезпечена. Максимальний коефіцієнт використання перерізу – 91% (за нормальними напруженнями).

В) Жорсткість підсиленої балки з двотавра №20 на сприйняття проектних навантажень забезпечена. Фактичні прогини складають 13 мм.

24) Виконуємо конструювання підсиленої балки, що відповідає усім вимогам (міцності і жорсткості).

Оформлюємо робоче креслення балки згідно з вимогами ЄСКД (рис. 7.4).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 50

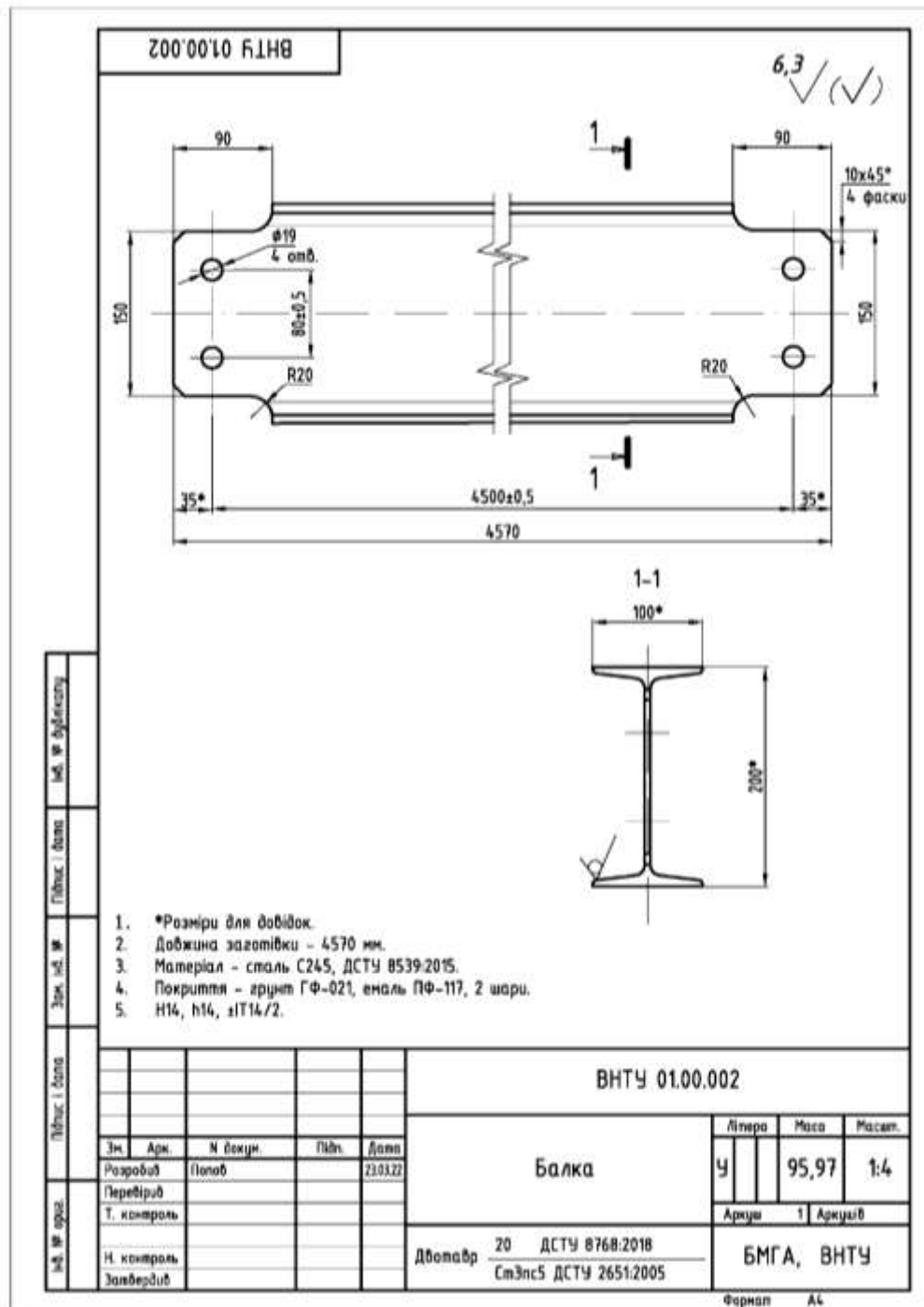


Рисунок 7.4 – Приклад балки, що відповідає умові задачі

7.3 Індивідуальне завдання

Здобувачі за наведеним прикладом вирішують задачу №3 за варіантами, які наведені у додатку Б.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 51

ТЕМА 8. ПРОЕКТУВАННЯ ГОЛОВНОЇ БАЛКИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПЛОЩАДКИ, ЩО МАЄ СКЛАДЕНИЙ ДВОТАВРОВИЙ ПЕРЕРІЗ

Мета заняття: закріпити знання з теоретичного курсу та набути вміння та навички з розрахунку та конструювання балок складеного перерізу.

8.1 Теоретичні відомості

8.1.1 Робота складених металоконструкцій при згині

Переріз складеної електрозварної балки, яка часто являється головною балкою балочних клітин, повинен задовольняти вимогам міцності, жорсткості, загальної і місцевої стійкості і одночасно бути економічним за критерієм витрат сталі.

Виходячи з умов міцності (7.3) та (7.5) зігнутої балки виконують підбір конструктивних параметрів перерізу балки згідно з алгоритмом, запропонованим академіком Стрелецьким. При цьому геометричні параметри складеного двотаврового перерізу балки показані на рис. 8.1.

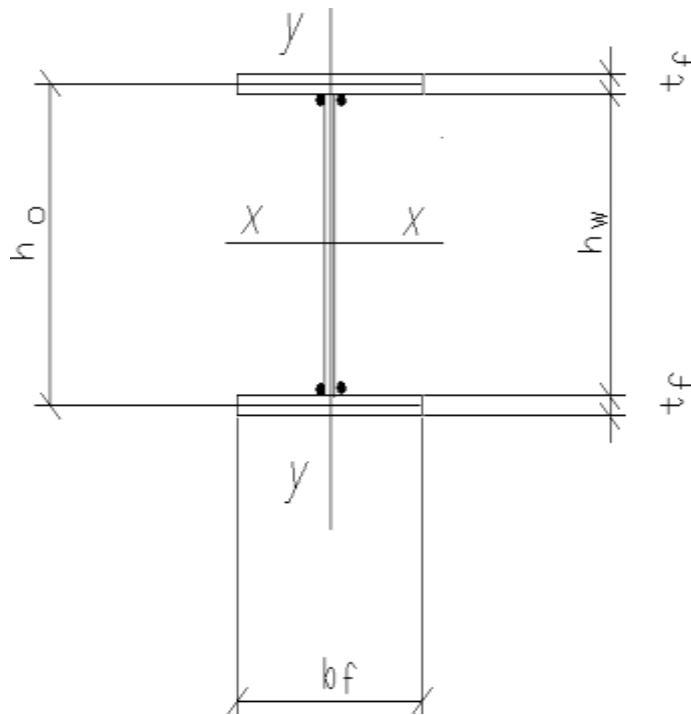


Рисунок 8.1 – Переріз складеного двотавра.

Після прийняття розрахункової схеми балки (найчастіше, шарнірно обперта конструкція на двох опорах), її завантажують навантаженням з умови задачі та визначають зусилля Q_{\max} , M_{\max} , а також потрібний момент опору $W_{\text{потр.}}$.

$$W_{x, \text{потр}} \approx (1,1 \dots 1,15) \cdot \frac{M_x \cdot \gamma_n}{R_y \cdot \gamma_c} \quad (4.1)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 52

Після цього виконують компоновку перерізу балки з призначенням розмірів.

Встановлюють висоту балки, яку знаходять за двома умовами: за жорсткістю h_{\min} та економічністю $h_{\text{опт}}$ за співвідношеннями (8.2) ... (8.4):

$$h_{\text{опт}} = (1,0 \dots 1,2) \cdot \sqrt{W_{\text{нотр}} / t_w} \quad (8.2)$$

$$h_{\min} = \frac{L \cdot n_0 \cdot R_y}{4800 \cdot \gamma_{\text{fm}} \cdot 20,6} \quad (8.3)$$

$$h = (1/8 \dots 1/12) \cdot L \quad (8.4)$$

При цьому конструктивну висоту балки призначають виходячи з умов приєднання балок настилу. Для поверхового приєднання балок настилу за співвідношенням (8.5), при приєднанні верхніх полиць балок врівень – за співвідношенням (8.6):

$$H_{\text{Б-2}} = h_{\text{констр}} - h_{\text{б1}} - t_{\text{н}} \quad (8.5)$$

$$H_{\text{Б-2}} = h_{\text{констр}} - t_{\text{н}} \quad (8.6)$$

Визначають раціональну ширину полиці, яку узгоджують із сортаментом широкоштрабової (стрічкової) або листової сталі за співвідношеннями (8.7), (8.8).

$$b = (1/3 \dots 1/5) \cdot h, [\text{ММ}] \quad (8.7)$$

$$b \leq t_f \cdot \sqrt{E / R_y}, [\text{ММ}] \quad (8.8)$$

Визначають товщину стінки за співвідношеннями (8.9) ... (8.12):

$$t_w = 7 + 3 \cdot h_w / 1000, [\text{ММ}] \quad (8.9)$$

$$t_{w, \min} \geq 1,5 \cdot \frac{Q_{\max} \cdot \gamma_n}{h_w \cdot R_s \cdot \gamma_c}, [\text{ММ}] \quad (8.10)$$

$$t_w \geq 8 \text{ ММ} \quad (8.11)$$

$$t_w \geq \frac{h_w}{\lambda_{\text{wu}}} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}}, [\text{ММ}]. \quad (8.12)$$

Після встановлення висоти балки і товщини її стінки переходять до компоновки поясів. За відомим значенням потрібного моменту опору $W_{\text{x, потр}}$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 53

усього перерізу і висоти балки h знаходять орієнтовно площу A_f кожного з поясів балки симетричного перерізу за формулою (8.13) або (8.14).

Якщо $h > h_{opt}$:

$$A_f = \frac{3 \cdot W_{номп}}{4 \cdot h_0} \quad (8.13)$$

Якщо $h < h_{opt}$:

$$A_f = \frac{W_{номп}}{h_0} - \frac{t_w \cdot h_0}{6} \quad (8.14)$$

Визначивши площу поясу і його ширину, визначають потрібну товщину поясу за (4.15):

$$t_f = A_f / b_f, \text{ [мм]} \quad (8.15)$$

Товщину поясного листа t_f зазвичай призначають у межах 8...40 мм (але не менше товщини стінки). Щоб уникнути великих напружень від електрозварювання, рекомендується витримувати співвідношення (4.16):

$$t \sim (2...3) \cdot t_w, \text{ [мм]} \quad (8.16)$$

Після призначення усіх розмірів з урахуванням зазначених вище співвідношень та кратно сортаменту, визначають геометричні характеристики прийнятого перерізу балки і перевіряють її несучу здатність (за нормальними і дотичними напруженнями), а також деформативність (жорсткість).

Далі, за потреби, оптимізують конструкцію балки по довжині, шляхом зменшення перерізу конструктивних компонент на приопорних ділянках, оскільки екстремальний згинальний момент діє тільки на обмеженій ділянці балки (у центрі прольоту). На приопорних ділянках його значення набагато менше.

При цьому найбільш доцільно зменшувати ширину полицки приопорних ділянок, інші параметри перерізу залишаючи без змін.

Для визначення доцільності зміни перерізу балки по довжині, а також, геометричних розмірів зміненого перерізу аналізують епюри згинальних моментів та поперечних сил. За епюрами визначають величини згинальних моментів та поперечних сил у цьому перерізі $M_{p,1}$, $Q_{p,1}$ та місцерозташування ділянок, які раціонально зменшити.

Визначають потрібний момент опору у зменшеному перерізі за формулою (8.17):

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 54

$$W_{n,ul} = \frac{M_{p,1} \cdot \gamma_{n1}}{\alpha \cdot R_y \cdot \gamma_c}, [\text{мм}^3] \quad (8.17)$$

Визначають потрібну площу полицки за (8.18):

$$A_{f,ul} = \frac{W_{n1}}{h_w} - \frac{A_w}{6}, [\text{мм}^2] \quad (8.18)$$

Виконують підбір ширини і товщини полицки за сортаментом.

Виконують перевірку міцності зменшеного перерізу при дії згинального моменту (формула (7.3)).

Виконують перевірку міцності зменшеного перерізу при одночасній дії згинального моменту і поперечної сили (формула (7.7)).

Виконують перевірку міцності зменшеного перерізу за дотичними напруженнями по формулі Журавського (формула (7.5)).

Визначають фактичні прогини балки за формулою (8.19):

$$f_{\max} \approx \frac{5}{48} \cdot \frac{M_n \cdot L^2}{E \cdot I_x}, [\text{мм}], \quad (8.19)$$

Виконують контрольну перевірку прогинів за [10].

За потреби, коригують параметри зменшеного перерізу балки.

8.1.2 Елементи балочних клітин нормального типу

Балочна клітка це споруда, що утворена системою балок одного або декількох напрямів, призначена для сприйняття навантажень і передачі їх на колони або стіни. Балочні клітки застосовують в робочих майданчиках, покриттях і перекриттях будівель, в пролітних будовах мостів, в затворах гідротехнічних споруд і т.д. На балочну клітку укладають несучий настил (сталевий або залізобетонний).

Головні балки, які розглядаються у задачі №4 проєктують, як правило, складеними, а другорядні балки і балки настилу – прокатними. Головні балки, прольотом L , орієнтують уздовж більшої сторони балочної клітини. Відстань між колонами в перпендикулярному напрямі є кроком балок B . Відстань між балками настилу і другорядними балками (крок балок a і b відповідно) призначають, виходячи з умови повного використання несучої здатності настилу і балок. Крок балок настилу приймають в межах 0,6...1,6 м при сталевому і 2...3,5 м при залізобетонному настилі.

Основні компоненти балочних клітин показані на рис. 8.2.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 55

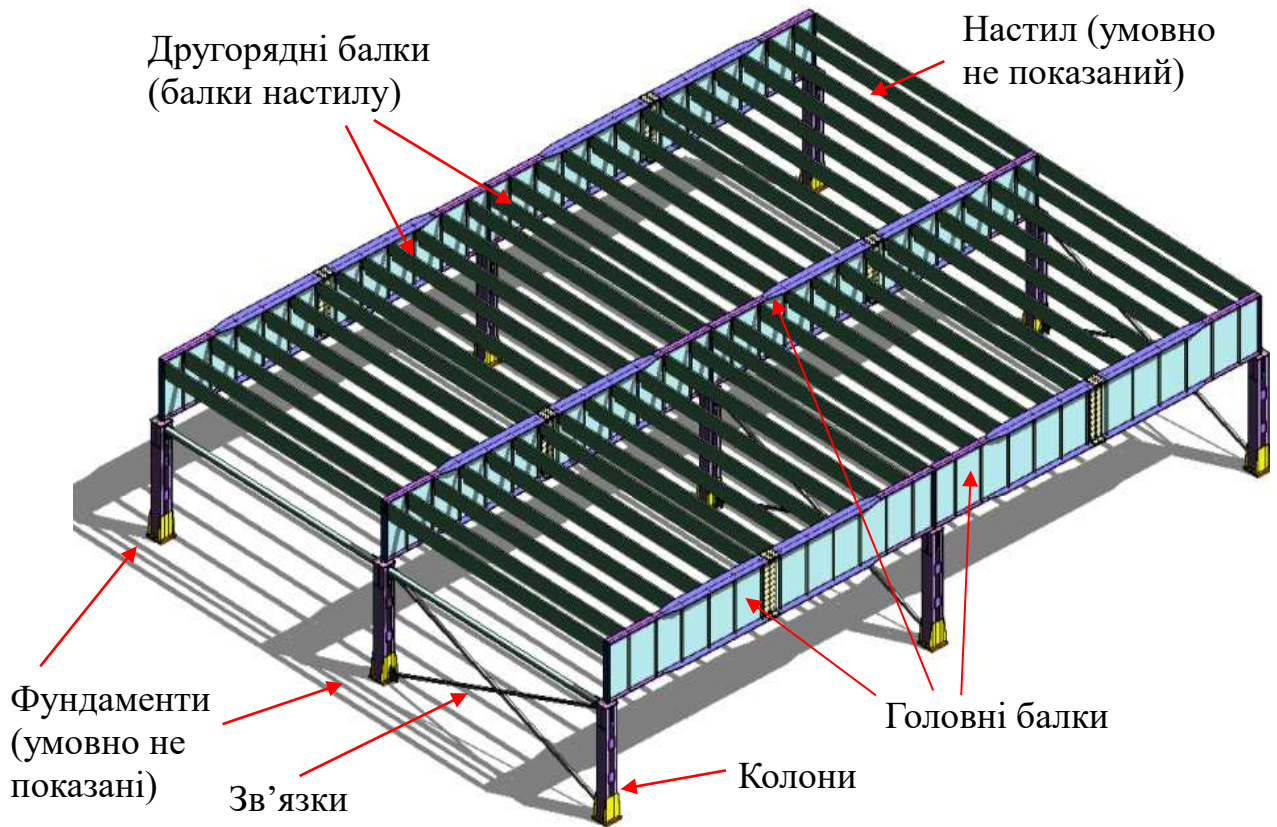


Рисунок 8.2 – Основні елементи балочних клітин нормального типу

Для розрахунку і конструювання у цій задачі береться тільки найбільш навантажена головна балка (середина балочної клітини), на яку спираються балки настилу з двох боків.

8.2 Приклад розрахунку складених елементів, що працюють на плоский згин (Задача №4)

Умова задачі. Підібрати складений з листів переріз головної балки (марка Б-2) робочої площадки, виходячи з вимог міцності, жорсткості та раціонального проектування. Клас наслідків виробничої будівлі СС-2. Розрахункова довжина балки – 11 м. Балка у прольоті завантажена зосередженими силами від балок настилу, що улаштовані врівень з верхнім поясом (10 шт.). Загальне навантаження від балок настилу (Б-1), що передаються з двох боків $F_e = 150$ кН. Коефіцієнт надійності за навантаженням 1,2. Клас сталі – С325. За потреби, відкоригувати розміри профілю та (або) клас сталі. Максимальна конструктивна висота перекриття – 1 450 мм. Настил металевий 12 мм.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 56

Записуємо скорочено умову задачі:

Дано:

$H_{\text{констр}} = 1450$ мм,

S325, $K = 1,2$

$F_e = 150$ кН, ($n = 10$ шт.)

$L = 11$ м, $t_H = 12$ мм

Знайти:

Геометричні параметри складеного перерізу $h_w, t_w, b_f, t_f, b_{f1}$

Виконати необхідні перевірки

Розв'язок задачі:

А) Підбір найбільш навантаженого складеного перерізу (центр прольоту):

1) Визначаємося з напружено-деформованим станом балки Б-2. Головна балка марки Б-2 працює на плоский згин згідно з умовою задачі.

2) Визначаємося з характеристиками Сталі С325, за таблицею Г.2, додатку Г ДБН В.2.6-198:2014 [9]:

$R_y = 315$ МПа, $R_u = 460$ МПа, $R_s = 0,58 \cdot R_y = 0,58 \cdot 315 = 182$ МПа.

3) Перевіряємо умову:

$$R_u / \gamma_u = 460 / 1,3 = 353 \text{ МПа} > R_y = 315 \text{ МПа.}$$

Умову виконано. Розрахунок ведемо за розрахунковим опором R_y .

4) Коефіцієнт умов роботи для балки суцільного перерізу $\gamma_c = 1,0$ (п. 1: Балки суцільного перерізу відсутні у табл. 5.1 ДБН В.2.6-198:2014 [9]). Коефіцієнт надійності для 1-ї групи граничних станів для будівлі класу СС2 та конструкції категорії відповідальності:

$\gamma_{n1} = 1,1$ – для 1-ї групи граничних станів;

$\gamma_{n2} = 0,975$ – для 2-ї групи граничних станів.

Коефіцієнт надійності за навантаженням $\gamma_{fm} = 1,2$.

5) Будуємо епюри експлуатаційних впливів на балку.

Епюра згинальних моментів та поперечних сил від впливу балок настилу марки Б-1 (10 шт.) (експлуатаційне значення) при кроці балок $a = L/n = 11 \text{ м} / 10 \text{ шт.} = 1,1 \text{ м}$ показані на рис. 8.3.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 57

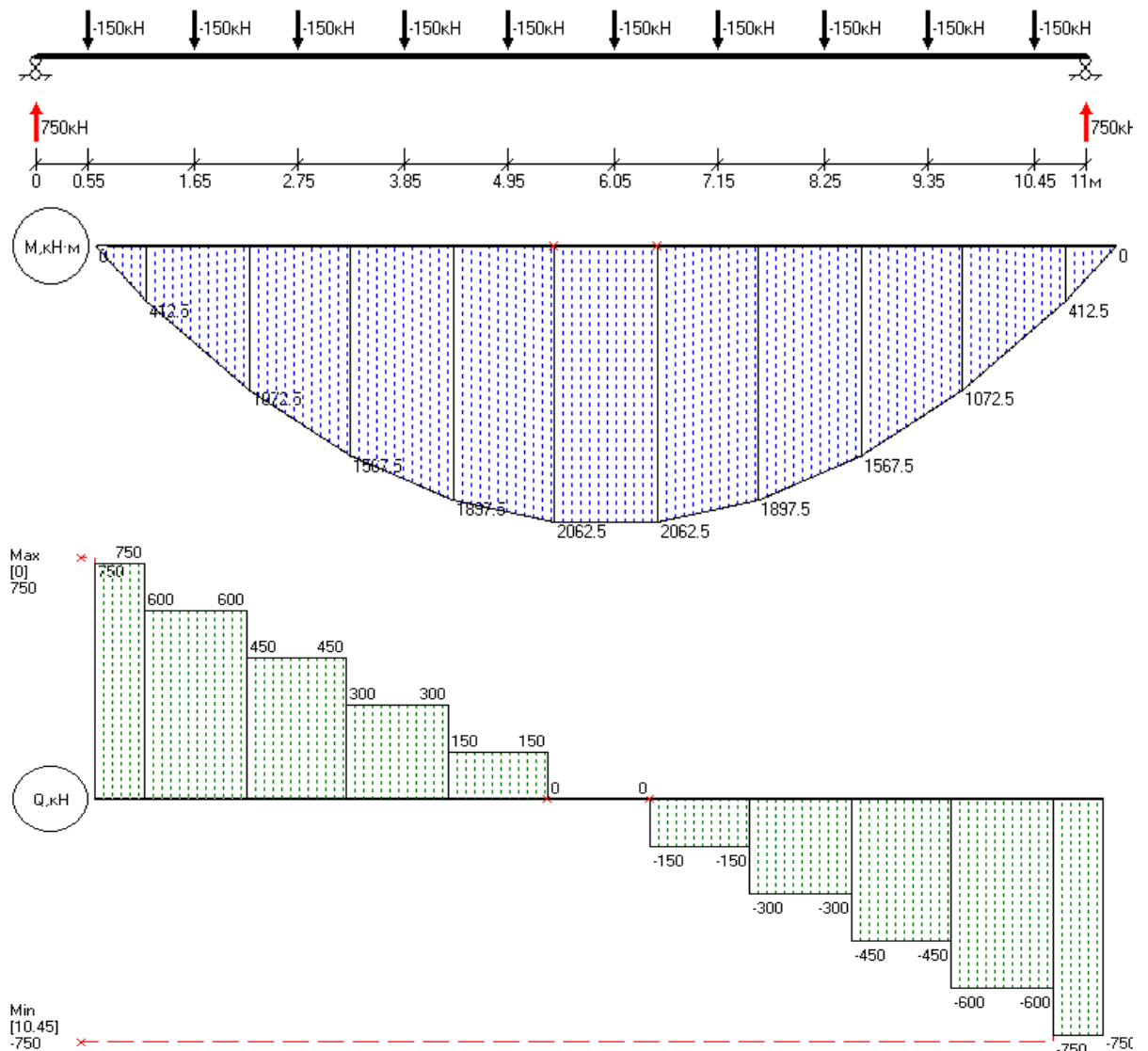


Рисунок 8.3 – Розрахункова схема та епюри згинальних моментів і поперечних сил у балці Б-2, що розраховується

б) Максимальні розрахункові експлуатаційні значення внутрішніх зусиль для розрахунку за 2-ю групою граничних станів:

Згинальні моменти (центральна частина балки): $M_{n, \max} = +2062,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Поперечні сили (приопорні ділянки балки): $Q_{n, \max} = 750 \text{ кН}$

7) Визначаємо максимальне розрахункове граничне значення внутрішніх зусиль для розрахунку за 1 групою граничних станів з урахуванням коефіцієнтів надійності:

Згинальні моменти (центральна частина балки):

$$M_{p, \max} = M_{n, \max} \cdot \gamma_{fm} = +2062,5 \cdot 1,2 = +2475 \text{ (кН} \cdot \text{м)}$$

Поперечні сили (приопорні ділянки балки):

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 58

$$Q_{p, \max} = Q_{n, \max} \cdot \gamma_{fm} = 750 \cdot 1,2 = 900 \text{ (кН} \cdot \text{м)}$$

8) Виходячи з умови міцності за нормальними перерізами (1 група граничних станів), формула (3.3), визначаємо потрібний момент опору балки:

$$W_{n,u} = \frac{M_{p, \max} \cdot \gamma_{n1}}{\alpha \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{2475 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{0,95 \cdot 315 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 9100 \text{ (см}^3\text{)}.$$

9) Визначаємо оптимальну висоту балки двотаврового перерізу за формулою (8.2) академіка Стрілецького, приймаючи коефіцієнт $k=1$, як для суцільнозварної балки двотаврового перерізу):

$$h_{opt} = k \cdot \sqrt{W_{n,u} / t_w} = 1 \cdot \sqrt{9100 / 1} = 95,4 \text{ (см)} = 954 \text{ (мм)}$$

10) У першому наближенні приймаємо товщину стінки складеного двотавра $t_w = 10 \text{ мм} = 1 \text{ см}$

11) Уточнюємо висоту балки керуючись дотриманням вимоги жорсткості:

$$h = (1/7 \dots 1/10) \cdot L = (1/7 \dots 1/10) \cdot 11000 = 1100 \dots 1571 \text{ (мм)}$$

12) Уточнюємо висоту балки, виходячи з конструктивних міркувань, які наведені в умові задачі:

$$h_{констр} = 1450 \text{ мм}$$

13) При з'єднанні балок настилу та головних балок врівень (рівень їх верхніх полицок співпадає) конструктивна висота головної балки може бути обчислена за формулою (8.6):

$$H_{Б-2} = h_{констр} - t_n = 1450 - 12 = 1438 \text{ (мм)}$$

14) При поверховому з'єднанні балок висоту головної балки слід розраховувати за формулою (8.5).

Оскільки в умові задачі не задана висота балки настилу, приймаємо з'єднання балки врівень.

15) Виходячи з вимог жорсткості для балок довжиною 11 м та відношення прогинів до довжини, що рівне ($n_0 = 1/400$), див. [10]:

$$h_{min} = \frac{L \cdot n_0 \cdot R_y}{4800 \cdot \gamma_{fm} \cdot 20,6} = \frac{11000 \cdot 400 \cdot 315}{4800 \cdot 1,2 \cdot 206} = 1168 \text{ (мм)}$$

16) Порівнюючи всі вимоги (конструктивні, жорсткісні та міцнісні) попередньо призначаємо висоту стінки балки кратно сортаменту широкоштрабової чи листової сталі:

$$(h_w = 1250 \text{ мм}) < (H_{Б-2} = 1438 \text{ мм})$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 59

17) Визначаємо товщину стінки за умовою міцності (впливає з формули Журавського (7.5), за співвідношенням (8.10) для двотаврових перерізів):

$$t_w \geq \frac{1,5 \cdot Q_{p, \max}}{h_w \cdot R_s \cdot \gamma_c} = \frac{1,5 \cdot 900 \cdot 10^3}{1,25 \cdot 182 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ (м)} = 6 \text{ (мм)}$$

18) Оцінюємо значення товщину стінки балки Б-2 з умов граничної умовної гнучкості листового перерізу (формула (8.12)):

$$t_w \geq \frac{h_w}{\lambda_{wu}} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{1,25}{5,5} \cdot \sqrt{\frac{315 \cdot 10^6}{2,06 \cdot 10^{11}}} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ (м)} = 9 \text{ (мм)}$$

19) За сортаментом:

$$t_w = \dots(9), 10, (11), 12, 14 \dots \text{ (мм)}.$$

20) З конструктивних міркувань:

$$t_w \approx 7 + \frac{3 \cdot H_{B-2}}{1000} = 7 + \frac{3 \cdot 1300}{1000} = 11 \text{ (мм)}$$

21) Остаточню, розміри та площа перерізу стінки:

$$h_w \times t_w = 1250 \times 10 \text{ мм},$$

$$A_w = h_w \cdot t_w = 1250 \cdot 10 = 12500 \text{ (мм}^2\text{)} = 12,5 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}$$

22) Переходимо до підбору параметрів полиць. Потрібна площа полиці за формулою (8.14):

$$A_{f,u} = \frac{W_{n,u}}{h_w} - \frac{A_w}{6} = \frac{9100}{125} - \frac{125}{6} = 52 \text{ (см}^2\text{)} = 5200 \text{ (мм}^2\text{)}$$

23) Основні конструктивні вимоги:

$$(1,5 \cdot t_w = 1,5 \cdot 10 = 15 \text{ мм}) \leq t_f \leq (3 \cdot t_w = 3 \cdot 10 = 30 \text{ мм}),$$

$$t_f \leq 30 \text{ мм},$$

$$b_f = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5} \right) \cdot h_w = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5} \right) \cdot 1250 = 250 \dots 417 \text{ (мм)}$$

$$(t_f, b_f) \div \text{сортаменту}$$

24) Враховуючи зазначене у п. 23) можливі такі варіанти:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 60

а) $b_f = 250 \text{ мм}, t_f = 5200 / 250 = 20,8 \text{ мм} \rightarrow t_f = 22 \text{ мм}$

б) $b_f = 260 \text{ мм}, t_f = 5200 / 260 = 20 \text{ мм} \rightarrow t_f = 20 \text{ мм}$

в) $b_f = 280 \text{ мм}, t_f = 5200 / 280 = 18,6 \text{ мм} \rightarrow t_f = 20 \text{ мм}$

г) $b_f = 300 \text{ мм}, t_f = 5200 / 300 = 17,3 \text{ мм} \rightarrow t_f = 18 \text{ мм}$

25) Обираємо раціональний варіант (в): $b_f \times t_f = 280 \times 20 \text{ мм}$

26) Фактична площа полицки:

$$A_f = b_f \cdot t_f = 280 \cdot 20 = 5600 \text{ (мм}^2\text{)}$$

27) Звис полицки двотавра за стінкою:

$$b_{ef} = \frac{b_f - t_w}{2} = \frac{280 - 10}{2} = 135 \text{ (мм)}$$

28) Фактична гнучкість полицки:

$$\lambda_f = \frac{b_{ef}}{t_f} = \frac{135}{20} = 6,75$$

29) Гранична гнучкість полицки:

$$\lambda_{f,u} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^{11}}{315 \cdot 10^6}} = 12,8$$

30) Умову ($\lambda_f = 6,75$) < ($\lambda_{f,u} = 12,8$) виконано.

Місцева стійкість стиснутої полицки забезпечена. Підкріплення полицки не потрібне.

31) Остаточно геометричні характеристики перерізу складеного з листів двотавра класу сталі С325. Момент інерції стінки відносно горизонтальної осі симетрії складеного профілю:

$$I_w = \frac{t_w \cdot h_w^3}{12} = \frac{10 \cdot 1250^3}{12} = 1627 \cdot 10^6 \text{ (мм}^4\text{)}$$

32) Момент інерції полицок:

$$I_f \approx 2 \cdot A_f \cdot \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right)^2 = 2 \cdot 5600 \cdot \left(\frac{1250 + 20}{2} \right)^2 = 4516 \cdot 10^6 \text{ (мм}^4\text{)}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 61

33) Момент інерції двотавра, складеного з листів:

$$I_x = I_w + I_f = (1627 + 4516) \cdot 10^6 = 6143 \cdot 10^6 \text{ (мм}^4\text{)}$$

34) Повна висота двотавра, складеного з листів:

$$h = h_w + 2 \cdot t_f = 1250 + 2 \cdot 20 = 1290 \text{ (мм)}$$

35) Момент опору двотавра, складеного з листів:

$$W_x = \frac{I_x}{h/2} = \frac{6143 \cdot 10^6}{1290/2} = 9524 \text{ (см}^3\text{)} > (W_{н,у} = 9100 \text{ см}^3)$$

36) Загальна площа складеного перерізу:

$$A = 2 \cdot A_f + A_w = 2 \cdot 5600 + 12500 = 23700 \text{ (мм}^2\text{)}$$

37) Умова міцності зігнутої балки (за нормальними напруженнями), формула (7.3):

$$\left(\alpha = \frac{2475 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{9524 \cdot 10^{-6} \cdot 315 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0,82 \right) < 1$$

Умову виконано. Міцність найбільш навантаженого перерізу, нормального до осі балки Б-2 забезпечена.

38) Конструювання найбільш навантаженого (центрального) перерізу балки Б-2 заключається у створенні ескізу перерізу з геометричними параметрами розрахованими у п. 8.4.

39) Ескіз конструкції показаний на рис. 8.4.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 62

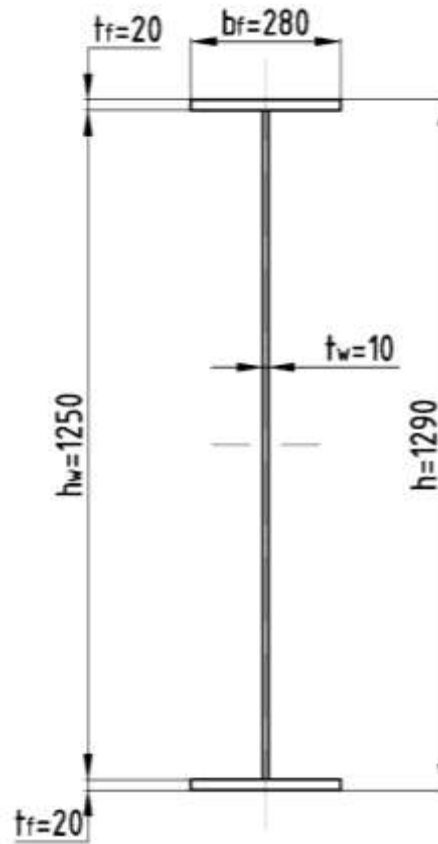


Рисунок 8.4 – Підібраний переріз балки Б-2 (центр прольоту).

А) Конструювання поясів балки із зміною ширини перерізу по довжині

1) Екстремальний згинальний момент (див. рис. 8.3) діє тільки на обмеженій ділянці балки (у центрі прольоту). На припорних ділянках його значення набагато менше.

2) Задаємося довжиною припорної ділянки за рекомендаціями навчальної літератури [11, 12]:

$$x_1 = \left(\frac{1}{6} \dots \frac{1}{7} \right) \cdot L \rightarrow \frac{L}{6} = \frac{11}{6} = 1,83 \text{ (м)}$$

3) Визначаємо значення згинального моменту та поперечної сили від експлуатаційних навантажень у крайньому перерізі цієї ділянки (1-1):

$$M_{n,1} = 750 \cdot 1,83 - 150 \cdot (1,83 - 0,55) - 150 \cdot (1,83 - 1,65) = 1154 \text{ кН} \cdot \text{м} .$$

$$Q_{n,1} = 450 \text{ кН}$$

4) Розрахункові граничні значення силових і моментних факторів у цьому ж перерізі:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 63

$$M_{p,1} = M_{n,1} \cdot \gamma_{fm} = 1154 \cdot 1,2 = 1385 \text{ (кН} \cdot \text{м)}$$

$$Q_{p,1} = Q_{n,1} \cdot \gamma_{fm} = 450 \cdot 1,2 = 540 \text{ (кН} \cdot \text{м)}$$

5) Добре видно, що значення силових факторів у перерізі (1-1) набагато менше, за аналогічні силові фактори у найбільш навантаженому (центральному) перерізі. Тому зміна (зменшення) перерізу балки по довжині економічно доцільна.

6) У цьому перерізі (1-1) визначаємо потрібний момент опору (формула (8.17)).

$$W_{n,u1} = \frac{M_{p,1} \cdot \gamma_{n1}}{\alpha \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{1385 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{0,95 \cdot 315 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 5091 \text{ (см}^3\text{)}$$

7) Оскільки в перерізі, де відбувається зміна ширини полицки з технологічних міркувань потрібно буде улаштувати стиковий зварний шов, міцність якого за умови відсутності рентген-контролю якості на 15% менша міцності основного металу, збільшуємо потрібний момент опору на 15%:

$$W_{n1} = 1,15 \cdot W_{n,u1} = 1,15 \cdot 5091 = 5855 \text{ (см}^3\text{)}$$

8) Більшість параметрів перерізу (h_w , t_w , t_f) залишаються без змін, тому за формулою (4.18):

$$A_{f,u1} = \frac{W_{n1}}{h_w} - \frac{A_w}{6} = \frac{5855}{125} - \frac{125}{6} = 26 \text{ (см}^2\text{)} = 2600 \text{ (мм}^2\text{)}$$

9) Потрібна ширина полицки на ділянці зміни перерізу

$$b_{f1,u} = \frac{A_{f,u1}}{t_f} = \frac{2600}{20} = 130 \text{ (мм)}$$

10) Конструктивні вимоги згідно з рекомендаціями наукової та методичної літератури з проектування металевих конструкцій [11, 12, 13]:

$$a) \quad b_{f1} \geq \left(\frac{b_f}{2} = \frac{280}{2} = 140 \text{ (мм)} \right)$$

$$б) \quad b_{f1} \geq \left(\frac{h_w}{10} = \frac{1250}{10} = 125 \text{ (мм)} \right)$$

$$в) \quad 150 \text{ мм} < b_{f1} < 250 \text{ мм}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 64

Г) $b_{f1} \div$ сортаменту (200, 210, 220, 240, 250, 260, 280)

11) Приймаємо рішення щодо ширини полицок зменшеного перерізу балки Б-2 на приопорній ділянці: $b_{f1} = 200$ мм

12) Фактична площа полицок зменшеної ширини:

$$A_{f1} = b_{f1} \cdot t_{f1} = 200 \cdot 20 = 4000 \text{ (мм}^2\text{)}$$

13) Момент інерції полицок зменшеної ширини:

$$I_{f1} \approx 2 \cdot A_{f1} \cdot \left(\frac{h_w + t_{f1}}{2} \right)^2 = 2 \cdot 4000 \cdot \left(\frac{1250 + 20}{2} \right)^2 = 3225 \cdot 10^6 \text{ (мм}^4\text{)}$$

14) Момент інерції двотавра, складеного з листів в місці зменшення ширини полиць (оптимізований переріз):

$$I_{x1} = I_w + I_{f1} = (1627 + 3225) \cdot 10^6 = 4852 \cdot 10^6 \text{ (мм}^4\text{)}$$

15) Момент опору двотавра, складеного з листів в місці зменшення ширини полиць:

$$W_{x1} = \frac{I_{x1}}{h/2} = \frac{4852 \cdot 10^6}{1290/2} = 7522 \text{ (см}^3\text{)} > (W_{нр1} = 5855 \text{ см}^3\text{)}$$

Умову виконано.

16) Розрахунковий опір металу поблизу стикового шва:

$$R_{wy} = 0,85 \cdot R_y = 0,85 \cdot 315 = 267 \text{ МПа.}$$

17) Умова міцності за нормальними напруженнями:

$$\left(\alpha_1 = \frac{1385 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{7522 \cdot 10^{-6} \cdot 267 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0,68 \right) < 1$$

Умову виконано.

18) Величина дотичних напружень (у місці зміни перерізу):

$$\tau_1 = \frac{Q_{p1, \max}}{h_w \cdot t_w} = \frac{540 \cdot 10^3}{1,25 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 44 \text{ (МПа)}$$

19) Величина нормальних напружень (у місці зміни перерізу):

$$\sigma_1 = \frac{M_{p1, \max}}{W_{x,1}} = \frac{1385 \cdot 10^3}{7522 \cdot 10^{-6}} = 184 \text{ (МПа)}$$

20) Перевірка перерізу за одночасно діючими великими нормальними і

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 65

дотичними напруженнями за міцністю за еквівалентними напруженнями (формула (7.7)):

$$\left(\alpha = \frac{0,87 \cdot \gamma_{nl} \cdot \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2}}{R_{wy} \cdot \gamma_c} = \frac{0,87 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{(184 \cdot 10^6)^2 + 3 \cdot (44 \cdot 10^6)^2}}{267 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0,72 \right) < 1.$$

Умову виконано. Міцність небезпечного перерізу на вплив нормальних, дотичних і еквівалентних напружень забезпечено!

21) Визначаємо статичний момент опору зменшеного перерізу балки Б-2:

$$S_{x1} = \frac{t_w \cdot h_w^2}{8} + A_{f1} \cdot \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right) = \frac{10 \cdot 1250^2}{8} + 2 \cdot 4000 \cdot \left(\frac{1250 + 20}{2} \right) =$$

$$= 1953 \cdot 10^3 + 5080 \cdot 10^3 = 7033 \cdot 10^3 \text{ (мм}^3\text{)}$$

22) Розрахунковий опір сталі С325 при зсуві $R_s = 182$ МПа

23) Перевірка зменшеного опорного перерізу за дотичними напруженнями (формула (7.5)):

$$\left(\alpha = \frac{Q_{p,max} \cdot S_{x1} \cdot \gamma_n}{I_{x1} \cdot t_w \cdot R_s \cdot \gamma_c} = \frac{900 \cdot 10^3 \cdot 7033 \cdot 10^{-6} \cdot 1,1}{4852 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 182 \cdot 10^6 \cdot 1} = 0,79 \right) < 1.$$

Умову виконано.

24) Умова жорсткості, зазвичай, не перевіряється, оскільки вона врахована при конструюванні перерізу. Крім того, оскільки балка має змінний по довжині переріз, деформації методами будівельної механіки можна визначити дуже приблизно.

25) Орієнтовні прогини визначаємо від експлуатаційних впливів. Згинальні моменти і поперечні сили (нормативні значення):

$$M_{n,max} = +2062,5 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad Q_{n,max} = 750 \text{ кН}$$

26) Для балки із трапецеїдальною, або близькою до неї, епурою згинальних моментів (див. рис. 8.3), без урахування зміни жорсткості по довжині, граничний прогин буде приблизно рівний за формулою (8.19):

$$f_{max} \approx \frac{5}{48} \cdot \frac{M_n \cdot L^2}{E \cdot I_x} = \frac{5}{48} \cdot \frac{2062,5 \cdot 10^3 \cdot 11^2}{2,06 \cdot 10^{11} \cdot 6143 \cdot 10^{-6}} = 0,021 \text{ м}$$

27) Граничні прогини згідно з ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення» [10] для балок перекриттів прольотом від 6 до 12 м:

$$f_u = \frac{L}{250} = \frac{11000}{250} = 44 \text{ (мм)}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 66

28) Перевіряємо умову жорсткості:

$$\{f_{\max} \cdot \gamma_{n2} = 21 \cdot 0,975 = 20 \text{ (мм)}\} < \{f_u = 44 \text{ мм}\}$$

Умова виконується. Жорсткість балки складеного перерізу забезпечено.

29) Конструювання зміненого (зменшеного) перерізу заключається у створенні ескізу перерізу з геометричними параметрами розрахованими у п. 8.5.

30) Конструкція зменшеного перерізу приопорної ділянки балки показана на рис. 8.5.

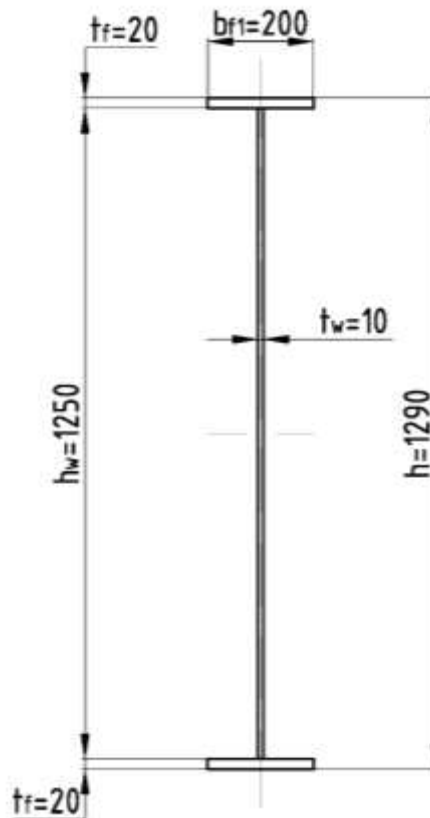


Рисунок 8.5 – Підібраний приопорний переріз балки Б-2

Загальні висновки по задачі №4:

1) Міцність балки складеного перерізу за умови виготовлення зі сталі С325 (полиці – 280×20 мм, стінка – 1250×10 мм) забезпечена. Коefіцієнт використання – 0,82.

2) Є доцільність зміни (зменшення) перерізу балки для економії матеріалу.

3) Міцність балки складеного перерізу в місці зміни (зменшення) перерізу балки за рахунок звуження полиць (200×20 мм) на приопорних ділянках довжиною 1,83 м забезпечена. Максимальний коefіцієнт використання перерізу – 0,72.

4) Міцність опорного перерізу балки на сприйняття дотичних напружень, з урахуванням зменшення ширини полиць забезпечена. Коefіцієнт використання перерізу – 0,79.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 82 / 67</i>

5) Жорсткість балки складеного перерізу на сприйняття проектних навантажень забезпечена. Орієнтовне значення прогинів складає 20 мм, що менше гранично допустимих – 44 мм.

8.3 Індивідуальне завдання

Вирішення даної задачі рекомендоване для здобувачів, які претендують на оцінку «відмінно». Здобувачі за наведеним прикладом вирішують задачу №4 за варіантами, які наведені у додатку Б.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 68

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН А.2.2-3:2014. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. [Актуалізований текст в останній редакції із внесеними змінами; Чинний від 2022-07-01]. Київ: Мінрегіон України, 2014. 36 с. URL: https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3192355188719486804/2023-09-15/4d5bda76-0167-4fdd-987f-d212f88fc612.pdf.
2. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: [Чинний від 2017-06-01]. Київ: Мінрегіон України, 2017. 35 с.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування: [Надано чинності з 1 січня 2007 р., з врахуванням зміни №1]. Київ: Мінбуд України, 2006. 60 с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія: [Чинний від 2011-11-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.
5. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України: [Чинний від 2014-10-01]. Київ: Мінрегіон України, 2014. 110 с.
6. ДСТУ Б В.2.6-207:2015. Розрахунок та конструювання кам'яних та армокам'яних конструкцій будівель та споруд: [Чинний від 2016-04-01]. Київ: Мінрегіон України, 2016. 258 с.
7. ДБН В. 1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд: [Чинний від 2019-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2018. 30 с.
8. ДСТУ 8855:2019. Визначення класу наслідків (відповідальності) будівлі: [Чинний від 2019-12-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 13 с.
9. ДБН В.2.6-198:2014 (зі зміною №1). Сталеві конструкції. Норми проектування: [Чинний від 2022-09-01]. Київ: Мінрегіон України, 2022. 220 с.
10. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. [Чинний від 2007-01.01]. Київ: Мінбуд України, 2006. 15 с.
11. Металеві конструкції: Загальний курс: Підручник для ВНЗ: Видання 2-е, перероблене і доповнене / Нілов О.О., Пермяков В.О., Шимановський О.В. та ін.; Під загальною редакцією О.О. Нілова та О.В. Шимановського. Київ: Видавництво «Сталь», 2010. 869 с.
12. Хоменко О.Г. Сталеві конструкції у будівництві: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. Глухів.: 2018. 347с.
13. Бікс Ю. С., Попов В. О. Проектування елементів покриття (перекриття) будівлі Частина 1. Великопрогонова металева кроквяна ферма: Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 72 с.
14. ДСТУ 8539:2015. Прокат для будівельних сталевих конструкцій. Загальні технічні умови. [Чинний від 2016-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 19 с.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 69

ДОДАТОК А

Дані для вибору сталі та її характеристик

Таблиця А.1 – Категорії конструкцій за призначенням і за напруженим станом
(вибірка з таблиці А.1 додатку ДБН В.2.6-198 [9])

Конструкція і елемент	Категорія	
	за призна- ченням	за напруже- ним станом
1. Конструкції технологічних площадок і покриттів:		
а) головні балки і ригелі рам при динамічному навантаженні	А	І
б) головні балки при статичному навантаженні	А	ІІІ
в) другорядні балки при динамічному навантаженні	А	ІІ
г) другорядні балки при статичному навантаженні	А	ІІІ
д) металевий настил, включений до сумісної роботи з балками настилу при динамічному навантаженні	Б	І
е) металевий настил, окрім зазначеного в поз. 1, д)	Б	ІІ
ж) ребра жорсткості балок	В	ІІІ
2. Колони виробничих споруд і відкритих кранових естакад, стояки робочих і технологічних площадок:		
а) основні елементи поперечного перерізу	А	ІІІ
б) вертикальні в'язі між колонами	А	ІІІ
3. Конструкції покриття:		
а) ферми, ригелі, що підлягають безпосередній дії динамічних навантажень від технологічного чи транспортного устаткування	А	І
б) те саме, при статичному навантаженні	А	ІІ
в) вузлові фасонки	А	ІІ
г) в'язі між конструкціями покриття	Б	ІІ
4. Конструкції фахверка		
а) ригелі під цегляні стіни і над воротами	А	ІІІ
б) стояки, торцеві і вітрові ферми	Б	ІІ
в) інші елементи	В	ІІІ
5. Допоміжні конструкції виробничих споруд:		
а) косоури сходів	А	ІІІ
б) сходи, перехідні площадки, огороження, площадки світильників, посадкові площадки на крани, балки підвісних стель, імпости, віконні і ліхтарні рами	В	ІІІ
6. Громадські будівлі:		
а) перекриття і покриття, косоури сходів	А	ІІ
б) колони	А	ІІ
7. Конструкції башт та щогл зв'язку та димових труб:		
а) стовбури споруд, елементи решітки та вузлів обпирання на фундаменти	А	ІІ
б) елементи відтяжок щогл, деталі кріплення відтяжок	А	І
в) діафрагми баштових опор, перехідні площадки	Б	ІІІ

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 70

Таблиця А.2 – Класи міцності сталі для сталевих конструкцій споруд та марки сталей для конструкцій із труб [9, табл. Г.1]

Сталь	Умови застосування сталі для груп конструкцій			
	1	2	3	4
Класи міцності сталі для конструкцій з фасонного, сортового, листового, широкосмугового універсального прокату і холодногнутих профілів				
C235	-	-	+ ^{a)}	+
C245 (див. примітку 3)	-	+ ^{б)}	+	-
C255	+	+	+	-
C275	-	+ ^{б)}	+	-
C295	+	+	+	-
C325	+	+	+	-
C345	+	+	+	-
C345К	+	+	+	-
C355	+	+	+	-
C375	+	+	+	-
C390	+	+	+	-
C390К	+	+	+	-
C420	+	+	+	-
C440	+	+	+	-
C460	+	+	+	-
C500	+	+	+	-
C550	+	+	+	+
C590	-	+	+	-
C620	+	+	+	-
C690	+	+	+	+
Конструкції з труб (при товщині стінки, мм)				
ВСтЗкп (до 5 включно) ДСТУ 8943 ^{а)}	+2 ^{Д)}	+2 ^{Д)}	+2 ^{Д)}	
ВСтЗкп (від 5 до 8) ДСТУ 8943 ^{б)}	-	+2 ^{Д)}	+2 ^{Д)}	
ВСтЗпс (до 5,5) ДСТУ 8943 ^{б)}	+2 ^{Д)}	+2 ^{Д)}	+2 ^{Д)}	
ВСтЗпс (від 6 до 10) ДСТУ 8943 ^{б)}	+6	+6	+6	
ВСтЗсп (від 6 до 10) ДСТУ 8943 ^{б)}	-	-	-	
ВСтЗпс (від 5 до 15) ГОСТ 10706 ^{г)}	-	+4	+4	
ВСтЗсп (від 5 до 15) ГОСТ 10706 ^{г)}	-	-	-	
20 ДСТУ 8938 ^{е)}	+	+	-	
09Г2С ДСТУ 8938 ^{е)}	+	+	-	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 71

Продовження таблиці А.2

Умовні позначення:

Знаки «+» і «-» означають, що дану сталь застосовувати відповідно слід чи не слід.

Цифра за знаком «+» означає категорію сталі за ударною в'язкістю.

а) окрім неопалюваних споруд і конструкцій, що експлуатуються на відкритому повітрі, а також окрім опор повітряних ліній електропередавання, відкритих розподільчих пристроїв та контактних мереж транспорту;

б) для неопалюваних споруд і конструкцій, що експлуатуються на відкритому повітрі, слід застосовувати прокат завтовшки до 10 мм;

в) група В, з врахуванням таблиці 1 ДСТУ 8943;

г) група В з додатковими вимогами згідно з 1.6 ГОСТ 10706;

д) окрім опор ПЛ, ВРП і КМТ;

е) безшовні гарячедеформовані труби з зазначених марок сталей допускається застосовувати для елементів спеціальних опор великих переходів ПЛ висотою понад 60 м (група конструкцій 1).

Примітка 1. За товщину фасонного прокату слід приймати товщину полиці.

Примітка 2. Вимоги цієї таблиці поширюються на листовий прокат завтовшки понад 3 мм. При товщині прокату меншій за 3 мм наведені в таблиці сталі слід застосовувати без вимог до ударної в'язкості (без зазначення категорії).

Примітка 3. Прокат при товщині до 5 мм включно із сталі класу С235 допускається застосовувати для конструкцій усіх груп, окрім опор ПЛ, ВРП і КМТ. Прокат при товщині до 8 мм включно із сталі класу С245 допускається застосовувати для 1 групи конструкцій.

Примітка 4. Застосування термозміцненого з прокатного нагріву фасонного прокату зі сталі класу С345Т і С375Т, який постачається як сталь класу С345 і С375, не допускається в конструкціях, які при виготовленні підлягають металізації або пластичним деформаціям при температурі понад +700 °С.

Примітка 5. До сортового прокату (круг, смуга, квадрат) згідно з ДСТУ 4484/ГОСТ 535, ДСТУ 8541 та іншими нормативними документами і стандартами висуваються такі самі вимоги як до фасонного прокату такої самої товщини.

Примітка 6. Марки сталей згідно з ДСТУ, ГОСТ та нормативними документами, що відповідають класам міцності прокату С235-С690, наведені в таблиці Г.5.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 72

Таблиця А.3 – Характеристики і розрахункові опори при розтягу, стиску і згині для **ЛИСТОВОГО**, широкоштабового універсального прокату та заготовок із гнутих профілів у відповідності до вимог ДСТУ 8539:2015 та п. 7 ДБН В.2.6-198:2014

Клас сталі	Товщина, мм	Характеристичний опір, МПа		Розрахунковий опір, МПа	
		R_{yn}	R_{un}	R_y	R_u
С235	Від 2,0 до 3,9 включ.	235	360	229	351
	4,0	235	360	229	351
С245	Від 2,0 до 3,9 включ.	245	370	239	361
	» 4,0 » 30 »	235	370	229	361
С255	Від 2,0 до 3,9 включ.	255	380	249	371
	» 4,0 » 10 »	245	380	239	371
	Понад 10 » 20 »	245	370	239	361
	» 20 » 40 »	235	370	229	361
С345	Від 2,0 до 3,9 включ.	345	490	337	478
	» 4,0 » 10 »	345	490	337	478
	» 10 » 20 »	325	470	317	459
	» 20 » 40 »	305	460	298	449
	» 40 » 60 »	285	450	278	439
	» 60 » 80 »	275	440	268	429
	» 80 » 160 »	265	430	259	420
С345К	Від 4,0 до 10 включ.	345	470	337	459
С355	Від 8,0 до 16 включ.	355	470	346	459
	Понад 16 » 40 »	345	470	337	459
	» 40 » 60 »	335	470	327	459
	» 60 » 80 »	325	460	317	449
	» 80 » 100 »	315	460	307	449
	» 100 » 160 »	295	460	288	449
С355-1	Від 8 до 16 включ.	355	470	346	459
	Понад 16 » 40»	345	470	337	459
	» 40 » 50 »	335	470	327	459
С355К	Від 8,0 до 16 включ.	355	470	346	459
	Понад 16» 40»	345	470	337	459
	» 40 » 50 »	335	470	327	459
С355П	Від 8,0 до 16 включ.	355	470	346	459
	Понад 16 » 40 »	345	470	337	459
С390-1	Від 8,0 до 50 включ.	390	520	380	507
С390	» 8,0 » 50 »	390	520	380	507
С440	» 8,0 » 50 »	440	540	429	527
С550	» 8,0 » 50 »	540	640	527	624
С590	» 8,0 » 40 »	590	685	536	623

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 73

Таблиця А.4 – Характеристики і розрахункові опори при розтягу, стиску і згині для **фасонного** прокату у відповідності до вимог ДСТУ 8539:2015 та п. 7 ДБН В.2.6-198:2014

Клас сталі	Товщина, мм	Характеристичний опір, МПа		Розрахунковий опір, МПа	
		R_{yp}	R_{ur}	R_y	R_u
С245	Від 4 до 20 включ.	245	370	239	361
	» 20 » 40 »	235	370	229	361
С255	Від 4 до 10 включ.	255	380	249	371
	Понад 10 до 20 включ.	245	370	239	361
	» 20 » 40 »	235	370	229	361
С345	Від 4 до 10 включ.	345	480	337	468
	Понад 10 » 20 »	325	470	317	459
	» 20 » 40 »	305	460	298	449
С345К	Від 4 до 10 включ.	345	470	337	459
С355	Від 8 до 16 включ.	355	470	346	459
	Понад 16 » 40 »	345	470	337	459
С355-1	Від 8 до 16 включ.	355	480	346	468
	Понад 16 » 40 »	345	480	337	468
С390	Від 8 до 10 включ.	390	520	380	507
	Понад 10 » 20 »	380	500	371	488
	» 20 » 40 »	370	490	361	478

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 74

ДОДАТОК Б

Індивідуальне завдання до виконання контрольної роботи з дисципліни «будівельні конструкції»

Задача 1. Робота металоконструкцій при центральному розтягу.

Проаналізувати вихідні дані. Сформувані текстову частину завдання. Перевірити міцність, за потреби, відкоригувати розміри сталеві конструкції у відповідності з індивідуальним завданням, яка працює на розтяг. Зусилля розтягу N , кН. Виконати підбір сталі. Попередні розміри профілю, з якого виготовлений елемент, клас наслідків, тип будівлі та довжина елемента, інші вихідні дані – згідно з табл. Б.1. За потреби, відкоригувати розміри профілю або підвищити клас сталі. Законструювати елемент на стадії КМД. Болти і зварні шви при розрахунку не перевіряти. Послаблення отворами врахувати. На параметри граничної гнучкості для розтягнутих елементів не зважати.

Таблиця Б.1 – Вихідні дані для розрахунку задачі №1

№ вар.	Дані будівлі		Елемент конструкції		Параметри перерізу			N, кН	Наявність послаблень	
	Тип	Клас наслідків (відповід.)	Вид	Довжина, м	Профіль	Позначення профілю	Стандарт на сортамент		Отвір, кільк. х \varnothing , мм	Тип з'єднання кінців
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Склад	СС1	Пояс ферми	4,5	Кутик	L50×3	ДСТУ 2251	+110	1 × 23	Болтове
2	Виробнича	СС2	Розкіс	2,1	Швелер	Г10у	ДСТУ 3436	+205	-	Зварне
3	Театр	СС3	Підвіска	4,0	Двотавр	I20Ш1	ГОСТ 26020	+142	2 × 19	Болтове
4	Склад	СС1	Затяжка	2,2	Кругла труба	Ø70×3	ДСТУ 8943	+193	2 × 19	Болтове
5	Виробнича	СС2	Тяж	9,0	Квадратна труба	□40×3	ДСТУ Б В.2.6-8	+110	-	Зварне
6	Котельня	СС3	Тяж	8,1	Круг	Ø12	ДСТУ 4738	+45	-	Зварне
7	Склад	СС1	Пояс ферми	5,5	Кутик	L63×5	ДСТУ 2251	+147	-	Зварне
8	Виробнича	СС2	Розкіс	1,8	Швелер	Г 12П	ДСТУ 3436	+292	1 × 15	Болтове

Продовження таблиці Б.1

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	Школа	СС3	Підвіска	4,2	Двотавр	І10Б1	ГОСТ 26020	+273	1 × 15	Болтове
10	Навіс	СС1	Затяжка	1,8	Кругла труба	Ø 57×4	ДСТУ 8938	+151	2 × 15	Болтове
11	Виробнича	СС2	Затяжка	3,3	Квадратна труба	□50×3	ГОСТ 30245	+123	-	Зварне
12	Театр	СС3	Відтяжка	10,2	Круг	Ø12	ДСТУ 4738	+48	-	Зварне
13	Навіс	СС1	Пояс ферми	12,0	Кутик	L75×5	ДСТУ 2251	+195	-	Зварне
14	Виробнича	СС2	Відтяжка	14,0	Швелер	С8Е	ДСТУ 3436	+162	1 × 15	Болтове
15	Школа	СС3	Підвіска	2,3	Двотавр	І10	ДСТУ 8768	+187	-	Зварне
16	Склад	СС1	Підвіска	2,0	Кругла труба	Ø63,5×3,5	ДСТУ 8938	+181	1 × 19	Болтове
17	Котельня	СС2	Тяж	10,2	Квадратна труба	□50×4	ДСТУ Б В.2.6-8	+248	-	Зварне
18	Садочок	СС3	Тяж	15,1	Круг	Ø20	ДСТУ 4738	+82	-	Зварне
19	Навіс	СС1	Пояс ферми	6,0	Кутик	L56×4	ДСТУ 2251	+96	-	Зварне
20	Їдальня	СС2	Розкіс	2,4	Швелер	С16П	ДСТУ 3436	+314	2 × 15	Болтове
21	Школа	СС3	Підвіска	4,1	Двотавр	І12	ДСТУ 8768	+276	-	Зварне
22	Склад	СС1	Розкіс	3,1	Кругла труба	Ø102×2.8	ДСТУ 8943	+341	3 × 23	Болтове
23	Склад	СС1	Пояс ферми	6,5	Кутик	L50×4	ДСТУ 2251	+129	1 × 23	Болтове
24	Виробнича	СС2	Розкіс	2,1	Швелер	С10У	ДСТУ 3436	+221	-	Зварне
25	Театр	СС3	Підвіска	4,0	Двотавр	І20Ш1	ГОСТ 26020	+145	3 × 19	Болтове
26	Склад	СС1	Затяжка	2,2	Кругла труба	Ø70×5	ДСТУ 8943	+190	2 × 16	Болтове
27	Виробнича	СС2	Тяж	9,0	Квадратна труба	□40×3	ДСТУ Б В.2.6-8	+110	-	Зварне

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 76

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
28	Палац спорту	СС3	Підвіска	4,2	Двотавр	І12Б1	ГОСТ 26020	+279	1 × 15	Болтове
29	Навіс	СС1	Затяжка	1,8	Квадратна труба	□60×3	ДСТУ Б В.2.6-8	+153	2 × 15	Болтове
30	Виробнича	СС2	Затяжка	3,3	Квадратна труба	□ 60×3	ДСТУ Б В.2.6-8	+129	-	Зварне
31	Театр	СС3	Відтяжка	10,2	Круг	Ø14	ДСТУ 4738	+58	-	Зварне
32	Навіс	СС1	Пояс ферми	12,0	Кутик	L80×6	ДСТУ 2251	+175	-	Зварне
33	Виробнича	СС2	Відтяжка	14,0	Швелер	№10Е	ДСТУ 3436	+152	1 × 15	Болтове
34	Університет	СС3	Підвіска	2,3	Двотавр	І 12	ДСТУ 8768	+177	-	Зварне
35	Склад	СС1	Підвіска	2,0	Кругла труба	Ø63,5×3,5	ДСТУ 8938	+191	1 × 19	Болтове
36	Котельня	СС2	Тяж	10,2	Квадратна труба	□ 50×3	ДСТУ Б В.2.6-8	+225	-	Зварне
37	ТЕЦ	СС3	Тяж	15,1	Круг	Ø22	ДСТУ 4738	+92	-	Зварне

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 77

Задача 2. Робота металоконструкцій при центральному стиску.

Проаналізувати вихідні дані. Сформувати текстову частину завдання. Підібрати сталь елемента. Перевірити міцність і стійкість, за потреби, відкоригувати розміри поперечного перерізу сталеві конструкції, яка працює на центральний стиск. Попередній переріз та сортамент елемента, клас наслідків та тип будівлі, спосіб кріплення оголовка і бази (шарнірний, жорсткий, вільний кінець), висота (довжина) елемента, загальне стискаюче зусилля N, кН, інші вихідні дані – згідно табл. Б.2. За потреби, відкоригувати розміри профілю. Законструювати елемент на стадії КМД. Болти і зварні шви при розрахунку не перевіряти. Врахувати граничну гнучкість елемента.

Таблиця Б.2 – Вихідні дані для розрахунку задачі №2

№ вар.	Дані будівлі		Елемент конструкції		Умови закріплення		Параметри перерізу			N, кН
	Тип	Клас наслідків	Вид елемента	Висота, м	бази	оголовка	Профіль	Розмір профілю	Стандарт	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Книгосховище	СС3	Колона	4,5	Жорстке	Вільне	Двотавр	I 20К1	ГОСТ 26020	-160
2	Склад	СС1	Фахверк	6,1	Шарнірне	Шарнірне	Кругла труба	Ø70×3	ДСТУ 8943	-120
3	Виробнича	СС2	Колона	10,0	Жорстке	Жорстке	Квадратна труба	□ 80×5	ДСТУ Б В.2.6-8	-145
4	Торг. центр	СС3	Колона	6,7	Жорстке	Вільне	Кругла труба	Ø89×3	ДСТУ 8943	-280
5	Склад	СС1	Колона	7,2	Жорстке	Шарнірне	Двотавр	I 23Б1	ГОСТ 26020	-110
6	Виробнича	СС2	Колона	5,3	Шарнірне	Шарнірне	Швелер	С16П	ДСТУ 3436	-130
7	Школа	СС3	Колона	7,2	Шарнірне	Шарнірне	Двотавр	I 20Ш1	ГОСТ 26020	-260
8	Навіс	СС1	Колона	9,5	Жорстке	Жорстке	Кругла труба	Ø57×6	ДСТУ 8938	-210
9	Виробнича	СС2	Фахверк	6,5	Шарнірне	Шарнірне	Квадратна труба	□ 60×4	ДСТУ Б В.2.6-8	-230
10	Котельня	СС3	Фахверк	4,4	Жорстке	Вільне	Кругла труба	Ø 76×6	ДСТУ 8938	-215
11	Склад	СС1	Колона	4,3	Жорстке	Вільне	Двотавр	I 23К1	ГОСТ 26020	-235
12	Виробнича	СС2	Колона	4,1	Шарнірне	Жорстке	Швелер	С18Л	ДСТУ 3436	-168
13	Школа	СС3	Підпірка	7,3	Жорстке	Шарнірне	Двотавр	№20Б1	ГОСТ 26020	-184
14	Склад	СС1	Підпірка	9,5	Жорстке	Жорстке	Кругла труба	Ø63,5×3,5	ДСТУ 8938	-164

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 78

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15	Котельня	СС2	Підпірка	3,2	Жорстке	Вільне	Квадратна труба	□ 70×3	ДСТУ Б В.2.6-8	-160
16	Торг. центр	СС3	Фахверк	10,2	Шарнірне	Шарнірне	Кругла труба	Ø114×2,8	ДСТУ 8943	-370
17	Склад	СС1	Колона	11,8	Жорстке	Жорстке	Двотавр	І 26Ш1	ГОСТ 26020	-250
18	Виробнича	СС2	Колона	3,1	Жорстке	Шарнірне	Швелер	С14Е	ДСТУ 3436	-180
19	Школа	СС3	Фахверк	5,9	Шарнірне	Шарнірне	Двотавр	І 16	ГОСТ 8239	-252
20	Склад	СС1	Фахверк	4,2	Шарнірне	Вільне	Кругла труба	Ø102×2.8	ДСТУ 8943	-355
21	Виробнича	СС2	Колона	7,2	Жорстке	Шарнірне	Квадратна труба	□ 90×5	ДСТУ Б В.2.6-8	-450
22	Торг. центр	СС3	Колона	3,9	Жорстке	Вільне	Кругла труба	Ø102×4	ДСТУ 8938	-410
23	Книгосховище	СС3	Колона	4,2	Жорстке	Вільне	Двотавр	І 23К1	ГОСТ 26020	-260
24	Склад	СС1	Фахверк	6,1	Шарнірне	Шарнірне	Кругла труба	Ø70×3	ДСТУ 8943	-120
25	Виробнича	СС2	Колона	10,0	Жорстке	Жорстке	Квадратна труба	□ 80×4	ДСТУ Б В.2.6-8	-165
26	Торг. центр	СС3	Колона	6,7	Жорстке	Вільне	Кругла труба	Ø89×3	ДСТУ 8943	-280
27	Склад	СС1	Колона	7,2	Жорстке	Шарнірне	Двотавр	І 23Б1	ГОСТ 26020	-110
28	Виробнича	СС2	Колона	5,3	Шарнірне	Шарнірне	Швелер	С16П	ДСТУ 3436	-130
29	Школа	СС3	Колона	7,2	Шарнірне	Шарнірне	Двотавр	І 20Ш1	ГОСТ 26020	-260
30	Навіс	СС1	Колона	9,5	Жорстке	Жорстке	Кругла труба	Ø57×6	ДСТУ 8938	-210
31	Виробнича	СС2	Фахверк	6,5	Шарнірне	Шарнірне	Квадратна труба	□ 60×4	ДСТУ Б В.2.6-8	-230
32	Котельня	СС3	Фахверк	4,4	Жорстке	Вільне	Кругла труба	Ø76×6	ДСТУ 8938	-215
33	Склад	СС1	Колона	4,3	Жорстке	Вільне	Двотавр	І 23К1	ГОСТ 26020	-235
34	Виробнича	СС2	Колона	4,1	Шарнірне	Жорстке	Швелер	С20Л	ДСТУ 3436	-178
35	Школа	СС3	Підпірка	7,3	Жорстке	Шарнірне	Двотавр	І 23Б1	ГОСТ 26020	-194
36	Склад	СС1	Підпірка	10,7	Жорстке	Жорстке	Кругла труба	Ø70×3,5	ДСТУ 8938	-164
37	Котельня	СС2	Підпірка	3,6	Жорстке	Вільне	Квадратна труба	□ 80×3	ДСТУ Б В.2.6-8	-260

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 79

Задача 3. Робота прокатної металоконструкції при плоскому згині.

Проаналізувати вихідні дані. Сформувати текстову частину завдання. Перевірити міцність нормального перерізу, виконати перевірку за дотичними напруженнями, та деформаціями прокатної балки. Типу будівлі, клас наслідків, тип конструкції, профіль та попередні розміри профілю, схема навантажень (зосереджені сили Р, кН, кількість сил, рівномірно розподілене навантаження q кН/м, що діє по всій довжині), довжина балки, схема закріплення балки (умови обпирання), конструкція кріплення, інші потрібні вихідні дані – згідно табл. Б.3. Законструювати елемент на стадії КМД. За потреби, відкоригувати розміри профілю. Болти і зварні шви при розрахунку не перевіряти! Можливу втрату загальної стійкості та місцеву втрату стійкості не враховувати. Коефіцієнт надійності за навантаженням $K=1,25$ – для всіх.

Таблиця Б.3 – Вихідні дані для розрахунку задачі №3

№ вар.	Дані будівлі		Довжина балки, м	Умови обпирання		Тип з'єднання на опорах	Навантаження			Профіль	Розмір профілю	Стандарт
	Тип	Клас наслідків		Зліва	Праве		Р, кН	Кількість Р та місце	q, кН/м			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Виробнича	СС2	3,5	Шарнір	Рухоме	Болтове	35		-	Швелер	№16П	ДСТУ 3436
2	Школа	СС3	4,2	Рухоме	Шарнір	Болтове	32	2 x 1/3	-	Двотавр	№20К1	ГОСТ 26020
3	Склад	СС1	2,1	Жорстке	Вільне	Зварне	-	-	4,5	Швелер	№18Л	ДСТУ 3436
4	Виробнича	СС2	4,4	Шарнір	Рухоме	Болтове	-	-	7,0	Двотавр	№20Ш1	ГОСТ 26020
5	Школа	СС3	3,1	Рухоме	Шарнір	Болтове	22	2 x 1/3	-	Швелер	№14Е	ДСТУ 3436
6	Склад	СС1	2,2	Вільне	Жорстке	Зварне	31	1 x кін.	-	Двотавр	№23К1	ГОСТ 26020
7	Виробнича	СС2	3,9	Шарнір	Рухоме	Болтове	-	-	7,0	Швелер	№18П	ДСТУ 3436
8	Театр	СС3	4,6	Рухоме	Шарнір	Болтове	-	-	12,0	Двотавр	№20Б1	ГОСТ 26020
9	Навіс	СС1	2,3	Жорстке	Вільне	Зварне	30	1 x кін.	-	Швелер	№20П	ДСТУ 3436
10	Виробнича	СС2	5,2	Шарнір	Рухоме	Болтове	41	3 x 1/4	-	Двотавр	№26Ш1	ГОСТ 26020
11	Театр	СС3	4,8	Рухоме	Шарнір	Болтове	35	1 x 1/2	-	Двотавр	№24	ДСТУ 8768
12	Навіс	СС1	2,1	Вільне	Жорстке	Зварне	24	1 x кін.	2,8	Швелер	№12Л	ДСТУ 3436

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 80

Продовження таблиці Б.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13	Виробнича	СС2	3,6	Шарнір	Рухоме	Болтове	-	-	6,2	Двотавр	№20	ДСТУ 8768
14	Школа	СС3	3,4	Рухоме	Шарнір	Болтове	-	-	5,4	Двотавр	№18	ДСТУ 8768
15	Склад	СС1	1,8	Жорстке	Вільне	Зварне	18	1 x Кін.	1,8	Двотавр	№14	ДСТУ 8768
16	Виробнича	СС2	3,5	Шарнір	Рухоме	Болтове	-	-	2,3	Швелер	№16У	ДСТУ 3436
17	Театр	СС3	3,7	Рухоме	Шарнір	Болтове	12	1 x 1/2	-	Швелер	№18У	ДСТУ 3436
18	Навіс	СС1	1,6	Вільне	Жорстке	Зварне	-	-	3,4	Двотавр	№12Б2	ГОСТ 26020
19	Виробнича	СС2	4,4	Шарнір	Рухоме	Болтове	42	2 x 1/3	5,2	Двотавр	№30Б1	ГОСТ 26020
20	Школа	СС3	4,1	Рухоме	Шарнір	Болтове	45	3 x 1/4	4,8	Двотавр	№30Ш1	ГОСТ 26020
21	Склад	СС1	1,9	Жорстке	Вільне	Зварне	21	1 x Кін.	-	Швелер	№22Л	ДСТУ 3436
22	Виробнича	СС2	5,8	Шарнір	Рухоме	Болтове	-	-	12,5	Двотавр	№33	ДСТУ 8768
23	Виробнича	СС2	3,6	Шарнір	Рухоме	Болтове	36	1 x 1/2	-	Швелер	№16П	ДСТУ 3436
24	Школа	СС3	4,4	Рухоме	Шарнір	Болтове	36	2 x 1/3	-	Двотавр	№20К1	ГОСТ 26020
25	Склад	СС1	2,2	Жорстке	Вільне	Зварне	-	-	6,8	Швелер	№18Л	ДСТУ 3436
26	Виробнича	СС2	4,5	Шарнір	Рухоме	Болтове	-	-	7,2	Двотавр	№20Ш1	ГОСТ 26020
27	Школа	СС3	3,2	Рухоме	Шарнір	Болтове	25	2 x 1/3	-	Швелер	№14Е	ДСТУ 3436
28	Склад	СС1	2,3	Вільне	Жорстке	Зварне	38	1 x Кін.	-	Двотавр	№23К1	ГОСТ 26020
29	Виробнича	СС2	4,0	Шарнір	Рухоме	Болтове	-	-	7,1	Швелер	№18П	ДСТУ 3436
30	Театр	СС3	4,5	Рухоме	Шарнір	Болтове	-	-	12,4	Двотавр	№20Б1	ГОСТ 26020
31	Навіс	СС1	2,4	Жорстке	Вільне	Зварне	35	1 x Кін.	-	Швелер	№20П	ДСТУ 3436
32	Виробнича	СС2	5,1	Шарнір	Рухоме	Болтове	42	3 x 1/4	-	Двотавр	№26Ш1	ГОСТ 26020
33	Театр	СС3	4,2	Рухоме	Шарнір	Болтове	37	1 x 1/2	-	Двотавр	№24	ДСТУ 8768
34	Навіс	СС1	2,2	Вільне	Жорстке	Зварне	24	1 x Кін.	2,7	Швелер	№12Л	ДСТУ 3436
35	Виробнича	СС2	3,7	Шарнір	Рухоме	Болтове	-	-	6,1	Двотавр	№20	ДСТУ 8768
36	Школа	СС3	3,5	Рухоме	Шарнір	Болтове	-	-	5,5	Двотавр	№18	ДСТУ 8768
37	Склад	СС1	1,7	Вільне	Жорстке	Зварне	-	-	3,3	Двотавр	№12Б2	ГОСТ 26020

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 81

Задача 4. Робота балок складеного перерізу при згині.

Проаналізувати вихідні дані. Сформувати текстову частину завдання. Підібрати складений з листів переріз головної балки (марка Б-2) робочої площадки виробничої будівлі, виходячи з вимог міцності, жорсткості та раціонального проектування. Відомий клас наслідків будівлі, розрахункова довжина балки – L , м, величина зосереджених сил від балок настилу F_e , що улаштовані врівень з верхнім поясом та кількість балок настилу (n , шт.), коефіцієнт надійності за навантаженням = 1,2 (для всіх варіантів), клас сталі, тип та товщина настилу, а також, максимальна конструктивна висота перекриття, $h_{\text{констр}}$, м (див. табл. Б.4). Кріплення балки на опорах – шарнірно рухоме (з правого боку) та шарнірно нерухоме (з лівого боку). Законструювати переріз балки на стадії КМД. Для всіх варіантів прийняти $\gamma_c = 0,9$.

Таблиця Б.4 – Вихідні дані для розрахунку задачі №4

№ вар.	Проліт, L , м	Тип настилу	Товщина настилу, t_n , мм	Кількість (n) балок настилу, шт.	Навантаження F_e , кН	Матеріал	Клас наслідків	Клас міцності високоміцних болтів	Максимальна конструктивна висота перекриття $h_{\text{констр}}$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	9,0	Залізобетон	80	6	380	C245	CC2	10.9	1,25
2	9,2	Залізобетон	90	6	360	C255	CC3	12.9	1,3
3	9,4	Залізобетон	95	6	340	C275	CC1	40X «Селект»	1,2
4	9,6	Залізобетон	100	6	320	C245	CC2	10.9	1,15
5	9,8	Залізобетон	85	8	260	C255	CC3	12.9	1,05
6	10,0	Залізобетон	80	8	250	C285	CC1	40X «Селект»	1,18
7	10,2	Залізобетон	75	8	240	C345	CC2	10.9	1,2
8	10,4	Залізобетон	70	8	220	C295	CC3	12.9	1,22
9	10,6	Залізобетон	72	10	185	C345	CC1	40X «Селект»	1,24
10	10,8	Залізобетон	74	10	180	C375	CC2	10.9	1,26
11	11,0	Залізобетон	76	10	175	C245	CC3	12.9	1,28
12	12,0	Металевий	12	12	200	C255	CC1	40X «Селект»	1,3

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05 - 05.01/192.00.1/Б/ОК26- 2025
	Екземпляр № 1	Арк 82 / 82

Продовження таблиці Б.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	12,2	Металевий	14	12	185	C275	CC2	10.9	1,32
14	12,4	Металевий	16	12	175	C285	CC3	12.9	1,35
15	12,6	Металевий	10	12	170	C295	CC1	40X «Селект»	1,38
16	12,8	Металевий	14	14	155	C245	CC2	10.9	1,4
17	13,0	Металевий	14	14	150	C345	CC3	12.9	1,45
18	11,2	Металевий	14	10	200	C245	CC1	40X «Селект»	1,3
19	11,4	Металевий	14	10	195	C255	CC2	10.9	1,28
20	11,6	Металевий	12	12	250	C325	CC3	12.9	1,18
21	11,8	Металевий	12	12	240	C275	CC1	40X «Селект»	1,16
22	13,2	Металевий	10	14	230	C295	CC2	10.9	1,14
23	8,4	Залізобетон	100	4	420	C245	CC3	12.9	1,32
24	8,0	Залізобетон	105	4	450	C255	CC1	40X «Селект»	1,34
25	8,8	Залізобетон	110	4	410	C275	CC2	10.9	1,36
26	8,6	Залізобетон	115	4	400	C245	CC3	12.9	1,38
27	8,2	Залізобетон	120	4	430	C255	CC1	40X «Селект»	1,40
28	9,1	Залізобетон	92	6	370	C285	CC2	10.9	1,42
29	9,3	Залізобетон	94	6	360	C345	CC3	12.9	1,44
30	9,5	Залізобетон	96	6	350	C295	CC1	40X «Селект»	1,46
31	10,1	Металевий	98	6	340	C345	CC2	10.9	1,2
32	10,3	Металевий	12	8	210	C375	CC3	12.9	1,22
33	10,5	Металевий	12	8	205	C245	CC1	40X «Селект»	1,24
34	10,7	Металевий	12	8	220	C255	CC2	10.9	1,26
35	10,9	Металевий	14	8	205	C275	CC3	12.9	1,28
36	11,1	Металевий	14	10	225	C245	CC1	40X «Селект»	1,23
37	11,3	Металевий	14	10	230	C255	CC2	10.9	1,27