

Центральноукраїнський національний технічний університет

Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ

**Методичні рекомендації до виконання курсової роботи
"Робоча площадка промислової будівлі"
для здобувачів освіти усіх форм навчання спеціальності
192 – Будівництво та цивільна інженерія**

Затверджено
на засіданні кафедри Будівельних,
дорожніх машин і будівництва
23 січня 2025 року, протокол № 8

Кропивницький 2025

Металеві конструкції. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи "Робоча площадка промислової будівлі" для здобувачів освіти усіх форм навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія. / [Уклад.: Г.Д. Портнов, В.А. Пашинський, М.В. Пашинський]. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. - 30 с.

Методичні рекомендації призначені для самостійного виконання курсової роботи здобувачами освітнього рівня "бакалавр". Наведені вказівки щодо змісту курсової роботи, рекомендації з розрахунків і конструювання основних елементів балкової клітки та центрально стиснутої колони з посиланнями на нормативну та навчальну літературу, а також приклад виконання креслень.

Укладачі: к.т.н., доцент Портнов Г.Д.
д.т.н., професор Пашинський В.А.
к.т.н., доцент Пашинський М.В.

Рецензент – к.т.н., доцент Дарієнко В.В.

Відповідальний за випуск – завідувач кафедри будівельних,
дорожніх машин і будівництва,
професор Настоящий В.А.

© ЦНТУ, м. Кропивницький, пр. Університетський, 8
© Портнов Г.Д., Пашинський В.А., Пашинський М.В.

Вступ

Дані методичні рекомендації призначені для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми "Будівництво та цивільна інженерія", які виконують курсову роботу – "Робоча площадка промислової будівлі" при вивченні навчальної дисципліни "Металеві конструкції". Завданням курсової роботи є розрахункове обґрунтування та розробка робочих креслень балкової клітки та колони робочої площадки на стадіях КМ і КМД.

Викладені вимоги до змісту, структури та оформлення курсової роботи, основні положення та порядок проектування сталевих конструкцій робочих площадок відповідно до чинних норм проектування, приведений приклад виконання курсової роботи. Детально розглянуті питання компоновки балкової клітки, розрахунку сталевих настилу, прокатних і складених балок, компоновки перерізів, наскрізних і суцільних центрально-стиснутих колон, а також вузлових з'єднань конструкцій балкових кліток. Окрім виконання курсової роботи, методичні рекомендації можуть бути використані при розрахунках конструкцій балкових кліток в дипломному проектуванні. Зміст курсової роботи відображений у таблиці:

№	Зміст етапів роботи	Обсяг у відсотках
1	Розробка варіантів компоновки балкового перекриття з розрахунком настилу та прокатних балок	15
2	Розрахунок та конструювання головної балки прийнятого варіанту	20
3	Розрахунок та конструювання колони	15
4	Складання комплекту креслень робочого майданчика, що включає: – креслення загального виду, плану і розрізів споруди; – схеми обпирання та з'єднань балок; – креслення відправних марок колони і головної балки; – специфікацію металу на розроблені відправні марки.	40
5	Оформлення альбому документів і підготовка до захисту (до альбому документів входять комплект креслень робочої площадки та пояснювальна записка з розрахунками й ескізами)	10

Приклад виконання й оформлення пояснювальної записки та креслень наведено в Додатках. Рекомендований шифр документу 22-6-18-7-4,5 означає:

22 – корисне навантаження, кПа

6 - поперечний крок колон, м

18 - поздовжній крок колон, м

7 – відмітка підлоги площадки (верху сталевих настилу), м

4,5 – відмітка верхнього габариту приміщення під балковою кліткою, м.

1. Структура пояснювальної записки

1.1. Пояснювальна записка повинна містити такі складові у вказаній нижче послідовності:

- титульний лист;
- технічне завдання;
- зміст;
- основну частину;
- список літератури.

2. Правила оформлення пояснювальної записки

2.1. Загальні вимоги

2.1.1. Текст має бути надрукований на одній стороні аркуша білого паперу формату А4 через півтора міжрядкових інтервали. Шрифт має бути чітким, висотою не менше 2,5 мм, чорного кольору. При комп'ютерному наборі використовувати шрифт «Times New Roman», розмір 14.

Допускається виконання тексту рукописним способом основним креслярським шрифтом з висотою літер та цифр не менше 2,5 мм.

2.1.2. Основні надписи оформлюють у відповідності з ДСТУ 9243.4:2023 «Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної документації». Формули та умовні позначення допускається виконувати рукописним способом (колір чорний).

2.1.3. Схеми та рисунки виконувати чорним кольором. Допускається використання креслярського олівця середньої твердості.

2.1.4. Аркуші нумерують. На першому, титульному аркуші, номер не проставляють. Нумерація аркушів має бути наскрізною.

2.1.5. Найменування розділу записують у вигляді заголовка (по центру рядка) великими літерами. Найменування підрозділу – з абзацу. Розділи та підрозділи мають бути пронумеровані арабськими літерами. В кінці номера ставиться крапка.

2.1.6. У формулах значення символів та коефіцієнтів мають бути роз'яснені безпосередньо під формулою. Посилання на джерело отримання інформації проставляти справа від формули, що зустрічається вперше. Формули в тексті записуються з абзацу. Формула відокремлюється від загального тексту інтервалами в один рядок. Допускається наскрізна нумерація формул.

2.1.7. Всі схеми та ескізи позначаються як рисунки. Кожен рисунок має номер та найменування. Рисунок доцільно розміщувати після першого згадування його в тексті. Приклад позначення: “Рисунок 11. Конструктивна схема вузла обпирання поперечної балки на головну”.

2.2. Титульний лист

Титульний лист оформляється за формою, наведеною в додатку А.

2.3. Технічне завдання

Основою для виконання курсової роботи є технічне завдання за таким зразком:

Вихідні дані для проєктування робочої площадки:

1. Район будівництва;
2. Розмір площадки в плані;
3. Крок колон в поздовжньому напрямку;
4. Крок колон в поперечному напрямку;
5. Відмітка підлоги приміщення під перекриттям;
6. Найнижча можлива відмітка верху габариту приміщення під перекриттям;
7. Відмітка підлоги перекриття;
8. Характеристичне значення корисного навантаження.
9. Характер (причина виникнення) навантаження, яке діє на площадку;
10. Конструкція підлоги перекриття;
11. Тип монтажного з'єднання головної балки та колони;
12. Спосіб забезпечення геометричної незмінності майданчика;
13. Умови виготовлення конструкцій:
 - а) тип зварювання;

- б) спосіб контролю якості шва;
 - в) можливість фрезерування торців.
14. Ступінь агресивності внутрішнього середовища цеху;
15. Максимально допустимий габаритний розмір відправної марки.

Технічне завдання готує і видає здобувачу вищої освіти викладач. Технічне завдання розробляється в двох екземплярах. Перший екземпляр входить до альбому документів курсової роботи, а другий передається завідувачу кафедри в дводенний термін після отримання завдання студентом.

2.4. Зміст

В змісті послідовно перераховують заголовки розділів, підрозділів та вказують номери сторінок, на яких вони розміщені. Зміст має містити всі заголовки пояснювальної записки.

2.5. Основна частина

Основна частина пояснювальної записки представляє собою обґрунтування конструктивного рішення кожного елемента конструкції робочої площадки з урахуванням експлуатаційних вимог, технології виготовлення, економії матеріалу за умови забезпечення несучої здатності.

Всі розрахунки ілюструються схемами та детальними ескізами, на основі яких конструктор міг би розробити креслення без консультації з автором розрахунку.

У проєкті рекомендується використання лише перевірених досвідом багаторічної експлуатації технічних рішень. Тому в тексті обов'язкові посилання, що вказують на джерело отримання документальної інформації для обґрунтування вибору прийнятого варіанту. Використані джерела вказують в дужках, разом з номером відповідної сторінки чи пунктом норм. Наприклад: [7, с.132], [7, п.4.13].

2.6. Список літератури

2.6.1 У список літератури включають всі використані джерела.

2.6.2 Джерела рекомендується розміщувати в порядку появи посилань в тексті.

3. Література, рекомендована до використання

1. ДБН В.1.2-14-2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд із Зміною №1. – К., 2022. – 35 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199634775304307868?doc_type=2
2. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. Зі зміною № 1. – К., 2022. – 220 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200869840512354218?doc_type=2
3. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зі зміною №1 і №2. К.: Мінбуд України, 2020. – 68 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199621970136139233?doc_type=2
4. ДСТУ 8539:2015. Прокат для будівельних сталевих конструкцій. Загальні технічні умови. К., 2066 – 20 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTU2/dstu_8539-2015.pdf
5. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. К., 2006 – 15 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY4/dsty_b_v.1.2-3-2006.pdf
6. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. Київ : Мінрегіон України, 2016 – 53 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=474>
7. Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. EN 1993-1-1:2005/AC:2009 (Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010. – К., 2011). [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=474>
8. Нілов О.О., Пермяков В.О., Шимановський О.В. та ін. Металеві конструкції: Загальний курс: Підручник для вищих навчальних закладів. – Видання 2-е, перероблене і доповнене. – К.: Видавництво "Сталь", 2010. – 869 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=474>
9. Клименко Ф. Є., Барабаш В. М., Стороженко Л.І. Металеві конструкції: / За ред. Ф.Є Клименка : Підручник. – 2-ге видання, випр. і доп. – Львів: Світ, 2002. – 312 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=474>

10. Металеві конструкції. Методичні рекомендації та інформаційні матеріали для курсового проектування та виконання кваліфікаційних робіт здобувачами вищої освіти усіх форм навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія. / [Уклад.: В.А. Пашинський]. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. - 38 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://moodle.kntu.kr.ua/course/view.php?id=474>

4. Порядок виконання проєкту

Проєктування рекомендується виконувати в такому порядку:

- 4.1. Розрахунок варіанта компоновки балкової клітки нормального типу.
- 4.2. Розрахунок варіанта компоновки балкової клітки ускладненого типу.
- 4.3. Вибір оптимальної схеми балкової клітки.
- 4.4. Попередній підбір перерізу головної балки. Вибір типу з'єднання балок.
- 4.5. Остаточний розрахунок головної балки.
- 4.6. Розрахунок колони.
- 4.7. Розрахунок з'єднань балок.

5. Зміст етапів проєктування

Першим кроком розрахунку є класифікація сталевих конструкцій з вибором матеріалу і визначенням його характеристик:

1. Клас відповідальності будівлі (СС1, СС2, СС3) визначається згідно з пунктом 5.1 ДБН [1]. Оскільки в приміщенні складу постійно перебувають не більше 50 людей, за таблицею 1 ДБН [1] встановлено клас відповідальності СС1.

2. Категорії конструкції за призначенням (А, Б, В) і за напруженим станом (І, ІІ, ІІІ) встановлюються згідно з пунктами 5.2 ДБН [1], а також 5.3.5 і 5.3.6 ДБН [2]. Категорії сталевих конструкцій за призначенням і за напруженим станом конкретизовані в таблиці А.1 з додатку А ДБН [2], де наведено перелік конструкцій з позначеннями цих категорій. За пунктом 3 таблиці А.1 з додатку А ДБН [2] встановлюємо, що головні та другорядні балки технологічних площадок при статичному навантаженні відносяться до категорії А за призначенням та до категорії ІІІ за напруженим станом.

3. Наявність напружень розтягу від розрахункового навантаження встановлюється за розрахунковою схемою конструкції. У балках робочих площадок розтягнутими є нижні пояси.

4. Несприятливий вплив зварних з'єднань враховується, якщо вони розташовані у місцях дії значних розрахункових розтягувальних напружень, або в місцях, де міцність зварного з'єднання визначає придатність до експлуатації конструкції в цілому (примітка до таблиці А.2 ДБН [2]). Шви кріплення опорних ребер, через які передається опорна реакція балки в опорних вузлах, а також сильно напружені поясні шви зварних головних балок обумовлюють необхідність урахування несприятливого впливу зварних з'єднань.

5. За таблицею А.2 ДБН [2] визначаються бали, що відповідають кожній з характеристик з пунктів 1...4, обчислюється їх сума та за вказівками пункту А.1 ДБН [2] встановлюється номер групи, до якої належить конструкція. Згідно з вказівками пункту А.2 ДБН [2], група конструкцій може бути пізніше уточнена за результатами підбору перерізів.

6. За пунктами 6.1, 6.2.1 ДБН [2] вивчити вимоги до сталей і порядок вибору сталі для металевих конструкцій.

7. За таблицею Г.1 ДБН [2] вибрати клас міцності сталі для конструкції з урахуванням групи конструкцій та бажаних характеристик міцності.

8. За таблицею 5.1 ДБН [2] встановити коефіцієнти умов роботи усіх елементів конструкції.

9. За пунктами 7.6.4, 7.6.5 і таблицею 5 ДБН [1] визначити коефіцієнти надійності за відповідальністю для розрахунку конструкції за граничними станами першої та другої групи в усталеній розрахунковій ситуації.

10. Згідно з пунктом 5.3 і таблицею 2 ДБН [1], визначити розрахунковий строк експлуатації конструкції.

11. За вказівками пунктів 7.1...7.4 ДБН [2], встановити характеристичні і розрахункові опори обраної сталі.

Характеристичні опори за межею текучості та межею міцності приймають рівними гарантованим значенням границі текучості й тимчасового опору, встановленим у нормативному документі на вибрану сталь. Механічні

характеристики сталей масового використання можна встановити за ДСТУ 8539:2015 [3]. Механічні характеристики інших сталей визначають за відповідними стандартами чи іншими документами.

Розрахункові опори листового чи фасонного прокату із заданої сталі визначають за формулами з таблиці 7.1 ДБН [2] з урахуванням коефіцієнтів надійності за матеріалом з таблиці 7.2 тих же ДБН [2].

5.1. Розрахунок варіанту компоновки балкової клітки нормального типу

5.1.1 Вибір матеріалу настилу. Рекомендована товщина настилу залежить від величини корисного навантаження. При товщинах 6 – 10 мм використовують листи з рифленням на поверхні, при більших товщинах – гладкі.

5.1.2 Розробка розрахункової схеми панелі настилу з урахуванням умов розміщення балок настилу:

1. Відстань між балками настилу зазвичай складає 0,6...1,6 м.
2. По довжині головної балки повинно розміщуватись ціле число кроків балок настилу. Щоб поперечна балка настилу не заважала влаштуванню монтажного стика головної балки, число кроків балок настилу повинно бути непарним.
3. Для сприйняття гнучким настилем розпору, в крайніх панелях майданчика потрібно встановити ребра, або зменшити відстань між крайніми балками в два рази.

В курсовій роботі слід прийняти:

4. Граничний відносний прогин настилу за [5] становить $\frac{1}{150}$.
5. Коефіцієнт умов роботи настилу 1,0.
6. Згідно з ДБН [3], коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням навантаження - 1,05 для власної ваги металоконструкцій; 1,2 – для ваги корисного навантаження та стаціонарного обладнання; 1,3 – для ваги кранів, засобів залізничного транспорту та автотранспорту.

5.1.3 Розрахунок балок настилу для нормального типу балкової клітки.

1. Вибрати марку сталі для балки згідно з наведеними вище рекомендаціями.
2. Скласти розрахункову схему балки.
3. Визначити коефіцієнт надійності за призначенням конструкції за [1].
4. Визначити коефіцієнт умов роботи балки настилу за [2, табл. 5.1].
5. Розрахувати характеристичне значення навантаження на балку настилу.
6. Розрахувати граничне розрахункове значення навантаження на балку настилу з урахуванням вказаних в [3] коефіцієнтів надійності за навантаженням для ваги конструкції та корисного навантаження.
7. Визначити розрахунковий згинальний момент в перерізі балки.
8. Розрахувати потрібний момент опору перерізу балки з умови міцності за [2, (9.1)]. Розрахунок статично навантаженої балки слід виконувати з урахуванням допустимості часткового розвитку пластичних деформацій. Балки, що несуть динамічне навантаження (автотранспорт, залізничний транспорт) розраховують в межах пружних деформацій.
9. Підібрати з сортаменту профіль, момент опору якого більший чи рівний потрібному.
10. Перевірити жорсткість балки при допустимому прогині за ДСТУ [5].
11. Якщо дана перевірка не виконується, підбирають двотавр чи швелер, профіль якого забезпечить необхідну жорсткість.
12. Уточнити навантаження з урахуванням власної ваги вибраної балки.
13. Перевірити міцність за нормальними напруженнями за [2, 9.2.1, 9.2.3]. Перенапруження не допускаються. Якщо недонапруження переважають 10%, використовуємо балку іншого перерізу.
14. Перевірити жорсткість балки.

5.1.4 Підрахувати витрати матеріалу на балкову клітку з компоновкою нормального типу.

5.1.5 Розрахунок закріплення сталевого настилу до балок настилу. Необхідно визначити силу, що розтягує настил, та розрахункову товщину кутового шва, що кріпить настил до балки.

5.2. Розрахунок варіанта компоновки балкової клітки ускладненого типу

5.2.1 Розробка розрахункової схеми та розрахунок панелі настилу з урахуванням умов розміщення балок настилу:

1. Відстань між балками настилу приймається в межах 0,6...1,6 м.
2. По довжині другорядної балки повинне бути ціле число кроків балок настилу.
3. Відстань між головною балкою та найближчою до неї балкою настилу в крайніх прольотах рекомендовано приймати рівною половині кроку для сприймання розпору крайніми опорами, чи розкріпити їх ребрами з кроком приблизно 1 м.
4. Розрахунок прикріплення несучого настилу до балки настилу виконується у випадку зміни товщини та прольоту настилу порівняно з використаним в нормальному типі компоновки.

5.2.2 Умови розміщення другорядних балок:

1. Число другорядних балок має бути мінімальним.
2. Крок балок приймають у межах 1...5 м та виконують їх прокатними.
3. Другорядна балка не повинна заважати влаштуванню монтажного стику головної балки.

5.2.3 Розрахунок балки настилу виконується таким же чином, як і для нормального типу балкової клітки. При пониженому бічному обпиранні другорядних балок на головну балку балки настилу зазвичай розраховують за багатопролітною нерозрізною схемою.

5.2.4 Розрахунок другорядної балки.

1. Скласти розрахункову схему. При обпиранні на другорядну балку більше чотирьох балок настилу в розрахунковій схемі зосереджені зусилля від них допускається замінити рівномірно розподіленим навантаженням;
2. Виконати розрахунки на міцність та жорсткість таким же чином, як і для балки настилу.
3. Перевірити загальну стійкість балки в середині прольоту, вважаючи закріпленнями з площини балки точки обпирання балок настилу.

5.2.5 Розрахувати витрати сталі на балкову клітку ускладненого типу.

5.3. Вибір типу компоновки балкової клітки

Для подальшої розробки приймається варіант (нормальний чи ускладнений тип балкової клітки), який відповідає меншій витраті сталі. У випадку прийняття варіанту балкової клітки ускладненого типу необхідно додатково:

1. Перевірити міцність стінки в місці прикладення опорної реакції балки настилу за [2, 9.2.2; 8; 9]. У місці прикладення зосереджених навантажень рекомендується встановлювати поперечні ребра жорсткості. Торці ребер мають бути щільно підігнані до того поясу, до якого прикладене зосереджене навантаження. В цьому випадку місцеві напруження від дії зосередженого навантаження не враховуються. Ребра повинні мати скоси з розмірами по висоті 60 мм, по ширині – 40 мм. Ребра жорсткості кріплять до стінки неперервними кутовими швами. Допускається використання односторонніх швів. В балках, що несуть статичне навантаження, ребра жорсткості приварюють також до поясів.

2. Розрахувати переріз опорного ребра, якщо другорядна балка обпирається на головну зверху.

3. Розробити ескіз обпирання балки настилу на другорядну балку.

5.4. Попередній підбір перерізу головної балки.

1. За вказівками ДБН [2] вибрати матеріал для головної балки та визначити розрахунковий опір обраної сталі.

2. За вказівками [3] підрахувати характеристичне й граничне розрахункове значення навантаження та розробити розрахункову схему головної балки. В робочих площадках балки з'єднують між собою та з опорними конструкціями шарнірно. При дії на балку більше чотирьох зосереджених сил їх можна замінити рівномірно розподіленим навантаженням.

3. Обчислити згинальні моменти та необхідний момент опору перерізу.

4. Підібрати складений двотавровий переріз головної балки з урахуванням оптимальної, мінімальної та будівельної висоти. При цьому висота стінки балки і ширина поясу повинні співпадати з стандартною шириною прокатної універсальної чи товстолистової сталі.

5. Прийняти рішення щодо типу обпирання балок. Будівельна висота перекриття повинна задовольняти умови технічного завдання, яке містить відмітки підлоги та верху габариту приміщення під перекриттям з урахуванням зазору 30...80 мм, не меншого від граничного прогину балки.

6. Розробити ескізи вузлів шарнірного обпирання балок для вибраного варіанту компоновки балкової клітки.

5.5. Остаточний розрахунок перерізу головної балки.

1. Вирахувати площу, момент інерції та момент опору попередньо підбраного перерізу.

2. Підрахувати власну вагу балки з урахуванням коефіцієнта надійності за вантаженням.

3. Визначити максимальний розрахунковий момент в перерізі та розрахункову поперечну силу на опорі з урахуванням власної ваги балки від дії експлуатаційного та граничного розрахункового значення навантаження.

4. Перевірити міцність за нормальними напруженнями від розрахункового моменту за [2, 9.2.1] чи [2, 9.2.3]. Недонапруження більше за 5% уникають.

5. Перевірити жорсткість балки при дії експлуатаційного розрахункового значення навантаження.

6. Розрахувати ширину поясу у місці зміни перерізу. Зміна перерізу в місцях зменшення моментів економічно доцільна для балок з довжиною прольоту від 10 м і більше. Стик різних перерізів поясу може бути прямим чи косим. Прямий шов буде рівномічним основному металу в розтягнутому поясі лише при обов'язковому виводі кінців шва на підкладки та автоматичному зварюванні чи при ручному зварюванні з використанням фізичних методів контролю якості шва. При відсутності можливості використання фізичного методу контролю шва зменшений переріз поясу балки приймають з умов міцності стикового шва.

7. Перевірити міцність перерізу за дотичними напруженнями за [2, (9.2)].

8. Перевірити міцність стінки балки за приведеними напруженнями за [2, (9.4)]. При наявності поперечних ребр жорсткості під другорядними балками місцеві напруження відсутні.

9. Перевірити загальну стійкість балки для повного та зменшеного перерізів за [2, 9.4.4]. Врахувати, що пластичні деформації можуть бути дозволені лише в одному з перерізів балки. Закріплення стиснутого поясу забезпечується поперечними балками. Якщо перевірка не виконується, слід збільшити ширину поясу, після чого перевірити наявність зони пружно-пластичних деформацій.

10. Перевірити місцеву стійкість стінки за [2, 9.5.1...9.5.5]. Попередньо стінка підсилена ребрами жорсткості, встановленими під поперечними балками. Вирішується питання необхідності встановлення допоміжних ребер жорсткості. За вказівками [2] виконується перевірка місцевої стійкості відсіків, обмежених поясами балки та ребрами жорсткості (як правило, відсік, ближній до опорного вузла балки, та відсік, розміщений в центрі або у місці зміни перерізу балки).

Для цього в межах кожного відсіку встановлюють значення згинального моменту та поперечної сили. Якщо довжина відсіку не більша від його висоти, обчислюються згинальний момент і поперечна сила для середини відсіку. Якщо довжина відсіку більша його висоти, обчислюють значення моменту та поперечної сили для найближчої до опори частини відсіку з довжиною, рівною висоті балки. За отриманими значенням згинального моменту та поперечної сили розраховуються нормальні та дотичні напруження, які й входять у формулу перевірки місцевої стійкості стінки балки [2, (9.39)], згідно з вказівками [2, 8, 9].

У зоні урахування пластичної деформації, яку слід визначити розрахунком, необхідно встановлювати ребра жорсткості під кожною балкою настилу.

11. Розрахувати поясні шви за [2, 16.4]. У зварних розрізних балках поясні шви виконують безперервними, автоматичним зварюванням. Шви можуть бути, за певних умов, односторонніми чи двосторонніми. В балках робочих площадок, верхні поясні шви яких сприймають навантаження від транспортних засобів, ці шви виконують з проваром на всю товщину стінки. Такі шви вважаються рівномісними зі стінкою і не підлягають розрахунку. Геометричні характеристики перерізу балки приймають для зони дії максимальної поперечної сили.

12. Встановити конструкцію поперечних ребер жорсткості з урахуванням вимог, викладених у [2, 9.5.9; 8; 9]:

- Ребра жорсткості у зварних балках віддаляють від стиків стінки на відстань не менше 10 товщин стінки.
- У зварних двотаврових балках класів 2, 3 за умови можна використати односторонні ребра жорсткості, в інших випадках – парні симетричні ребра жорсткості.
- Ребра жорсткості зазвичай виконуються з листової сталі.
- Ребра жорсткості кріпляться до стінки безперервними конструктивними кутовими швами; при цьому допускається використання односторонніх швів.
- У балках, що несуть статичне навантаження, ребра жорсткості приварюють до поясів. При цьому торці ребер повинні мати скоси для пропуску поясних швів розміром 40×40 мм.

За результатами розрахунків розробити ескіз перерізу балки з опорними ребрами, включаючи їх розміри, катети зварних швів, спосіб обробки кромки.

13. Розрахувати опорне ребро головної балки згідно з [2, 9.5.13]. При розрізній схемі балок перевагу віддають рішенню з торцевим опорним ребром. Нижні торці опорних ребер повинні бути струганими. При розрахунку зварного шва звернути увагу на те, що розрахункова довжина флангового шва має обмеження.

Розробити ескіз перерізу головної балки з розмірами опорного ребра, катетами зварних швів, способом обробки кромки.

14. Розрахувати фрикційний монтажний стик балки за рекомендаціями [8, 9] та вимогами [2, 16.3] і розробити ескіз з'єднання з вказанням розмірів отворів, болтів, накладок, способу обробки поверхонь та контролю затяжки.

15. Розробити специфікацію сталі для виготовлення головної балки.

5.6. Розрахунок стержня колони робочої площадки

Згідно з рекомендаціями [2, 8, 9], при розрахунку центрально-стиснутих колон малої та середньої потужності закріплення нижнього кінця в запас стійкості вважають шарнірним. Для колон з зусиллям понад 5000 кН приймають жорстке закріплення. Верхній кінець колони вважається закріплений шарнірно, а його горизонтальні переміщення обмежені системою вертикальних в'язів по колонам.

5.6.1 Підрахувати геометричну довжину колони з наближеним урахуванням заглиблення бази 0,6 м.

5.6.2 Визначити розрахункове зусилля N , що діє на колону.

5.6.3 Обрати тип перерізу згідно з такими рекомендаціями:

- при зусиллі $N \leq 2200$ кН – наскрізний переріз з двох швелерів;
- при зусиллі 2200 кН $< N < 3500$ кН – наскрізний переріз з двох двотаврів;
- при зусиллі $N > 3500$ кН – суцільний переріз з листів або двотаврів.

5.6.4 Підібрати переріз колони, керуючись вказівками [2, 8.1.3; 8; 9] або [2, 8.2.2...8.2.4].

5.6.5 При конструюванні колон слід дотримуватися таких вимог:

- В наскрізних центрально-стиснутих колонах зазвичай використовуються планки з листів чи відрізків швелера полицями назовні.
- При відстані між гілками понад 800 мм використовують розкісну решітку.
- Поясні шви виконують автоматичним та напівавтоматичним зварюванням. У центрально-стиснутих колонах допускаються односторонні поясні шви, за винятком конструкцій, що експлуатуються в агресивному середовищі.
- Елементи решітки кріплять до гілок за допомогою фасонки. Фасонки приварюють до гілок внапуск чи встик. Катети кутових швів призначають за розрахунком, розміщуючи їх у шаховому порядку з двох сторін фасонки. Відстань між кінцями таких швів не більше 15 товщин фасонки. В конструкціях, що виготовляються з використанням ручного дугового зварювання, шви мають бути безперервними по всій довжині фасонки.
- Монтажні стики колони виконують з фрезерованими торцями, звареними в стик, на накладках зі зварними швами чи болтами.
- Стики відправних марок суцільних колон підкріплюють поперечними ребрами жорсткості. На кожному відправному елементі має бути не менш двох ребер.
- Відправні елементи наскрізних колон підкріплюють діафрагмами, які розміщують на відстані не менше 4 м.

5.6.5 Розробити ескіз стержня колони з проробкою вузлів кріплення ребер жорсткості, решіток та діафрагм.

5.7. Розрахунок бази колони

Розрахунок виконується згідно з [2, табл. М.2; 8; 9]. За конструктивним рішенням розрізняють бази колон з фрезерованим торцем, що встановлюється на плоску плиту, та бази з траверсами. Прийняте конструктивне рішення бази визначає спосіб монтажу колон.

Найпростішими в конструктивному відношенні є бази, що складаються з однієї плити, максимальна товщина якої не повинна перевищувати 80 мм. В таких базах зусилля передаються через фрезерований торець колони на стругану поверхню плити, а зварні шви розраховуються на зусилля 15...20% від розрахункового зусилля в колоні. При цьому товщини елементів, які з'єднуються між собою, повинні відповідати умові можливості зварювання кутовим швом (максимальний катет шва залежить від елемента найменшої товщини, а мінімальний катет шва залежить від елемента більшої товщини). Може виникнути необхідність узгодження товщин конструктивними заходами. Якщо розрахунок дає надто велику товщину плити, слід збільшити марку бетону фундаменту, або перейти на базу з траверсами.

Розрахунок бази колони виконується в такому порядку:

5.7.1 Обрати марку бетону для фундаменту.

5.7.2 Розрахувати розміри опорної плити.

5.7.3 Розробити схему розміщення траверс (при необхідності). Розрахувати ширину, довжину бази, товщину плити, висоту траверси.

5.7.4 В центрально-стиснутих колонах анкерні болти не працюють на розтяг, а лише фіксують колону в проектному положенні. Задовольняються двома болтами, діаметр яких приймають в межах 20...30 мм, а глибину закладання не менше 20 діаметрів болта. Болти кріплять безпосередньо до опорної плити.

5.7.5 Розробити ескіз опорного вузла колони з вказанням розмірів та інших параметрів елементів, параметрів зварних швів, способу підготовки поверхонь.

5.8. Розрахунок оголовка колони

При вільному обпиранні, як правило, головні балки кладуть на колони зверху [2, 8, 9]. Зусилля від балок передаються на колону через плиту оголовка, товщина якої призначається в межах 20...30 мм. Щоб запобігти роботі плити на згин,

навантаження від опорних ребер балок передають через плиту безпосередньо на елементи стержня колони: стінку чи полиці суцільних колон, стінку наскрізних колон чи вертикальні ребра, приварені до стінки суцільної колони чи до гілок наскрізної колони. Широко використовуються оголовки, в яких зусилля передається від струганої поверхні плити на фрезеровані торці стержня колони та ребер, встановлених під опорними ребрами балок.

Ребра оголовка приварюють до опорної плити та до гілок наскрізної колони чи до стінки суцільної колони. Ширина ребер приймається не меншою ширини опорного ребра балки.

Розрахунок оголовка виконується в такому порядку:

5.8.1 Визначити потрібну довжину швів, що передають навантаження на колону.

5.8.2 Визначити товщину ребра оголовка.

5.8.3 Перевірити стінку колони на зріз у зоні кріплення ребер. Можливе потовщення стінки колони в зоні оголовка.

5.8.4 Розробити ескіз оголовка колони, вказати розміри елементів, параметри зварних швів та способи підготовки поверхонь.

5.9. Конструювання системи в'язей

Для забезпечення геометричної незмінності споруди між колонами встановлюються вертикальні в'язі. Вони об'єднують суміжні колони крайнього відсіку робочої площадки та розміщуються по осі колони. Зазвичай в'язі мають хрестову решітку з кутами нахилу розкосів до горизонту 35° ... 50° . При великій висоті колон в'язі можуть виконуватися у вигляді двох чи трьох хрестів з горизонтальними розпірками між ними та в центральних вузлах. При великих кроках колон можуть використовуватися порталні в'язі.

В курсовій роботі елементи в'язей не розраховують, а на кресленні показують схематично.

6. Структура графічної частини

Креслення графічної частини курсової роботи повинні містити:

1. Монтажу схему балкової клітки з вказанням
 - а) координаційних осей та відстані між крайніми осями;
 - б) відмітки рівня землі, чистої підлоги, верху та низу перекриття, фундаменту;
 - в) відстані між осями балок.
2. Складальне креслення КМД відправної марки головної балки, виконане без дотримання масштабу по довжині, але з правильним відображенням взаємного розміщення деталей. Креслення повинно містити:
 - а) зображення балки в горизонтальній та профільній площині та її розміри;
 - б) перерізи, які пояснюють виконання монтажного стика, перехідного відрізка зміни перерізу, кріплення опорного ребра та ребра жорсткості;
 - в) розміри та параметри зварних швів;
 - г) спосіб обробки поверхонь.
3. Вузол з'єднання настилу з балками настилу. На кресленні слід вказати розміри та параметри зварних швів.
4. Вузол з'єднання другорядних балок з балками настилу. Вказати габаритні розміри та розміри між отворами, тип болтів, способи обробки поверхонь.
5. Вузол з'єднання другорядних балок з головною балкою. Вказати габаритні розміри та розміри між отворами, тип болтів, способи обробки поверхонь.
6. Вузол обпирання головної балки на оголовок колони. Вказати габаритні розміри та розміри між отворами, тип болтів, способи обробки поверхонь.
7. Складальне креслення КМД колони. Вказати габаритні розміри та розміри, необхідні для виготовлення виробу, розміри та параметри зварних швів з видами оголовка та бази.
8. Специфікації металу відправних марок головної балки та колони.
9. Технічні вимоги, що обумовлюють характеристики використаних матеріалів, особливості виготовлення конструктивних елементів та монтажу конструкцій.

7. Оформлення графічного матеріалу

Креслення рекомендується виконувати з використанням програмних комплексів для моделювання та креслення конструкцій. При розробленні креслень необхідно керуватися вимогами стандартів щодо розміщення креслень, масштабів, позначень, товщини ліній, нанесення розмірів, розташування написів і шрифтів, насиченості аркушів.

Рекомендовано креслення виконувати на аркушах основного формату А2, який позначають тонкою лінією; рамку креслення наносять зверху, праворуч і знизу на відстані 5 мм, ліворуч – 20 мм (для можливої підшивки).

Аркуш компонують і читають із лівого верхнього кута до правого нижнього кута. Схема конструкції розміщується в лівому верхньому куті листа, а штамп – у правому нижньому куті аркуша. Основна проєкція креслення конструкції повинна відповідати робочому положенню конструкції: горизонтальні елементи – в горизонтальному положенні, вертикальні – у вертикальному.

Над заголовком основної проєкції елемента розміщують вид зверху, під основною проєкцією – вид знизу, праворуч – вид справа, ліворуч – вид зліва. Ці види не треба позначати, якщо вони розміщені у прямій проєкції. Якщо пряма проєкція неможлива, то такі види чи розрізи позначають розімкненою лінією й стрілками, що показують напрям виду (розрізу). На розрізах і перерізах перерізи елементів не заштриховують.

Основну проєкцію конструкції розміщують на кресленні так, щоб лівий бік конструкції був обернений у лівий бік аркуша. Лівий бік конструкції визначається за монтажною схемою при погляді знизу вгору або справа наліво.

Для довгих суцільних елементів (балки, колони, стрижні ферми) можливі різні масштаби для довжини й перерізу при правильному взаємному розміщенні деталей і взаємній відповідності проєкцій. Це дозволяє використати більш крупний масштаб перерізів елементів, але розміри деталей не можуть визначатися за масштабом (крім зазначених нижче випадків).

Зображення окремих складних деталей на кресленні може бути виконано в більшому масштабі, ніж масштаб основного перерізу елемента.

Розміщення окремих креслень повинне бути не ближче від 10 мм одне від одного і від рамок; ті самі вимоги стосуються розміщення заголовків. Масштаби вибирають відповідно до стандартів такими, щоб креслення можна було легко та зручно прочитати й насиченість аркушів була достатня (для зображення схем металевих конструкцій допустиме відхилення від вимог стандарту).

Рекомендовані масштаби зображень на кресленнях: схеми розміщення елементів і геометричні схеми – 1:100; 1:200; 1:300 (нестандартний); 1:400; 1:500; поперечні розрізи – 1:50; 1:75; 1:100; елементи решітчастих конструкцій за сіткою – 1:20; 1:25; 1:30 (нестандартний); 1:50; перерізи та вузли металоконструкцій – 1:10, 1:15, 1:20. При розміщенні на одному форматі креслень різного масштабу останній треба вказувати під назвою відповідного креслення (за типом М 1:20). При зображенні дуже тонких деталей допустима зміна масштабу, для візуального збільшення їх товщини.

Лінії креслень повинні відповідати нормативним вимогам. Товщина суцільної основної лінії S має бути 0,8...1,0 мм, однаковою для всіх зображень на даному кресленні одного масштабу. Суцільні основні й тонкі лінії для рамок креслення, таблиць, основних написів і специфікацій вибирають товщиною від 1 мм до 0,3 мм. Найменша товщина ліній – 0,3 мм; найменша відстань між лініями – 0,8 мм.

Полички ліній-виносок треба креслити, а написи – підкреслювати тонкими суцільними лініями. Для зображення довгих ліній обривів слід застосовувати суцільні тонкі лінії товщиною 0,3 мм з кількома зламами. Обриви показують перпендикулярно до осі елемента.

Довжину штрихів у штрихових лініях вибирають від 2 до 8 мм (звичайно 4 мм), а відстань між штрихами – приблизно в 2...4 рази меншою за її довжину.

Довжина штрихів у штрих-пунктирних тонких лініях повинна бути від 5 до 30 мм, а відстань між штрихами – 3...5 мм (посередині крапка). Штрих-пунктирні лінії слід починати й закінчувати, а також перетинати між собою штрихами, а не крапками. Довжина штрихів і проміжків між ними повинна бути однаковою уздовж лінії.

Лінії креслення не повинні перетинатися цифрами чи надписами.

Допускається представлення креслень на аркушах формату А4 з можливістю розглядання електронних файлів при захисті роботи.

Додаток А. Оформлення титульного аркуша

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

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни "Металеві конструкції" на тему:
"Робоча площадка промислової будівлі"

Виконав: студент групи БІ-____
спеціальності "Будівництво та цивільна інженерія"

Керівник проєктування – к.т.н., доцент

Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Оцінка за національною шкалою _____

Оцінка за 100-бальною шкалою _____

Оцінка за шкалою ECTS _____

Члени комісії:

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Кропивницький – 202_ рік

Додаток Б. Приклад комплекту креслень робочої площадки

Креслення виконуються з використанням персонального комп'ютера в середовищі одного з програмних комплексів, призначених для креслення та моделювання конструкцій. Рекомендується розміщувати креслення на чотирьох аркушах формату А2:

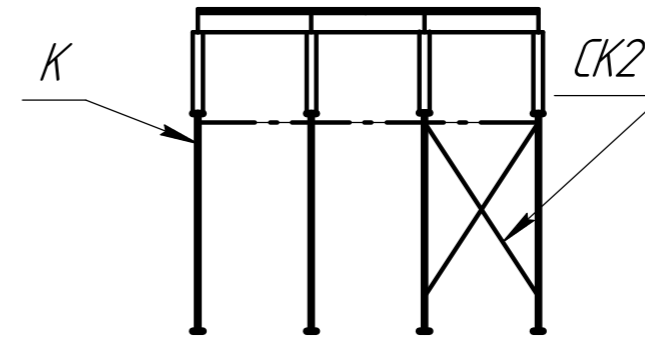
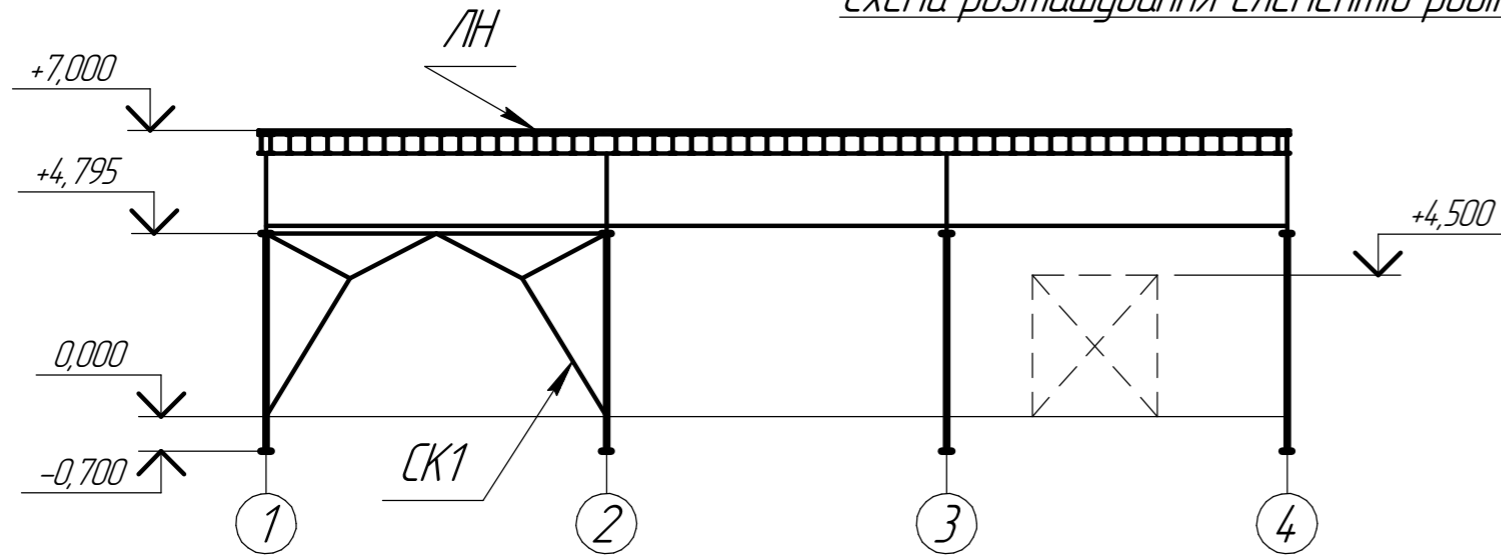
Аркуш 1 – монтажна схема робочої площадки на стадії КМ.

Аркуш 2 – креслення головної балки та колони на стадії КМ (схеми та вузли).

Аркуш 3 – креслення відправної марки головної балки на стадії КМД.

Аркуш 4 – креслення колони на стадії КМД.

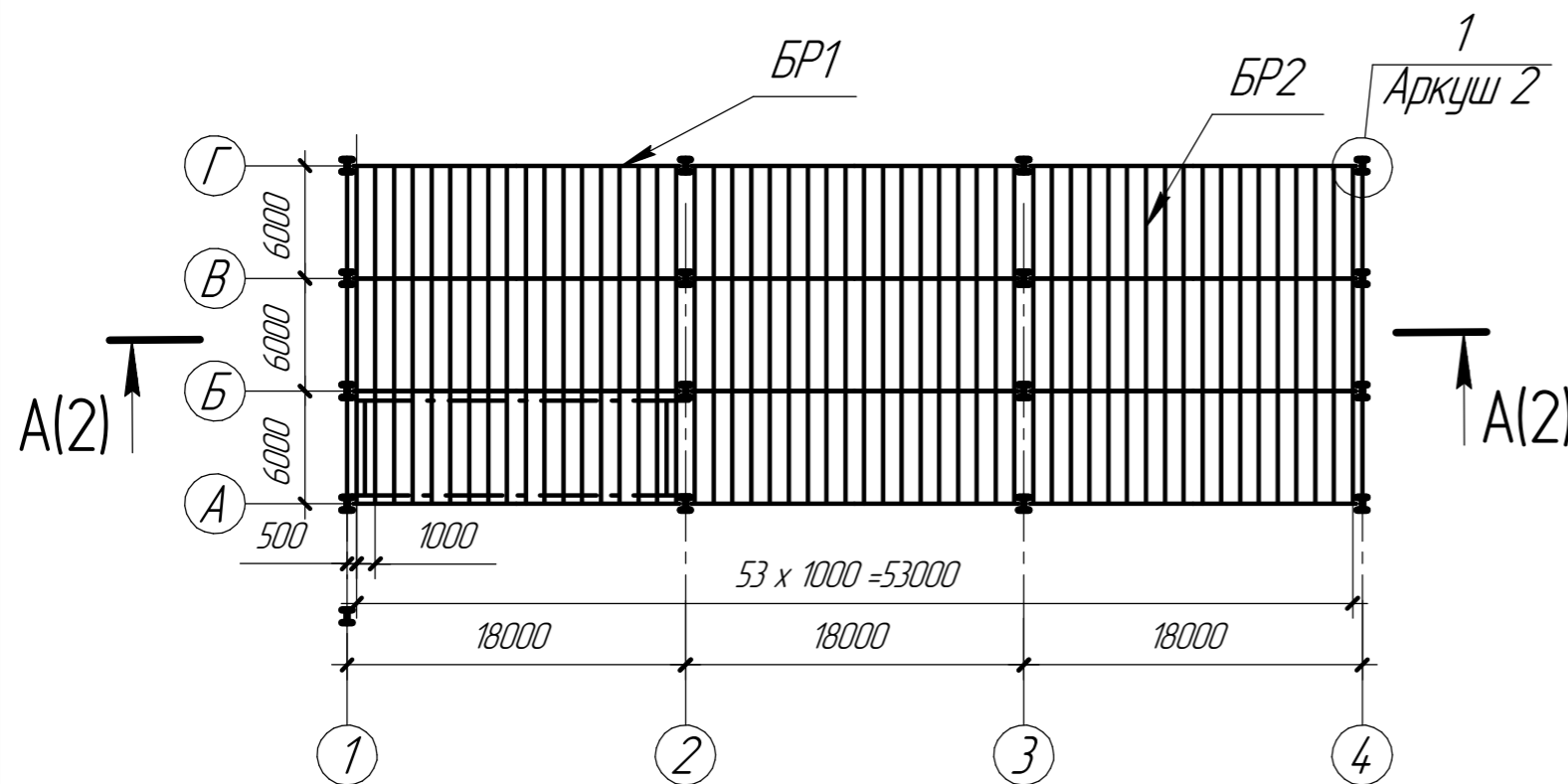
Схема розташування елементів робітничого майданчика (1:400)



Відомість елементів

Марка елементу	Переріз			Зусилля для прикріплення			Марка металу	Примітка
	ескіз	поз.	склад	A, кН	N, кН	M, кНм		
ЛН			× 10мм				С235	Лист 2
БР1		1	× 1800 x 14	1712			С255	Лист 3
		2	× 360 x 22 × 600 x 22				С255	
БР2			I 33	86			С245	
К		1	× 420 x 10	3485			С235	Лист 4
		2	× 420 x 18				С235	
Н1			× 300 x 8				С255	Лист 2
Н2			× 250 x 12				С255	Лист 2
Н3			× 600 x 12				С255	Лист 2

1. Фундаментні болти діаметром 20 мм ДСТУ ГОСТ 24379.1:2008; глибина заземлення 700 мм



Потрібно

Марка	Кількість, шт	Маса, кг	
		Марки	Всіх
ЛН	-	-	76302
БР1	12	364,15	43698
БР2	159	253,2	40259
К	16	1167,2	18675
Н1	24	32,8	787
Н2	48	15,6	746
Н3	24	37,3	896
Всього			181363

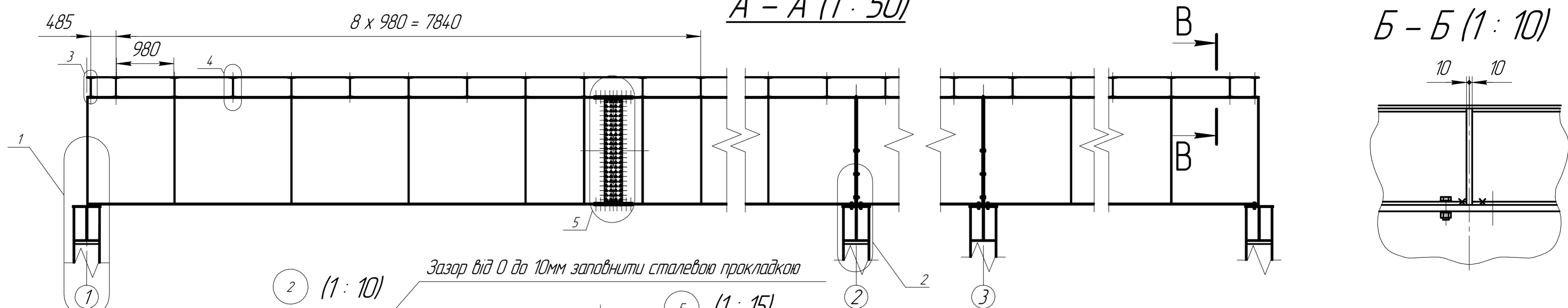
2. Фундамент виконати з бетону класу В10

3. Розміри по обрізу фундаменту 1000 x 1000 мм

				22-6-18-7-4,5 км		
				Розрахунок і конструювання елементів робочої площадки		
Розробив		Партнов		Робоча площадка		
Перевірив		Пашинський				
Н. контрол.				КР	1	4
Т. контрол.				Схема розташування елементів робочої площадки М 1:400		
Затвердив		Настоящий				
				ЦНТУ гр.		

A - A (1 : 50)

Б - Б (1 : 10)

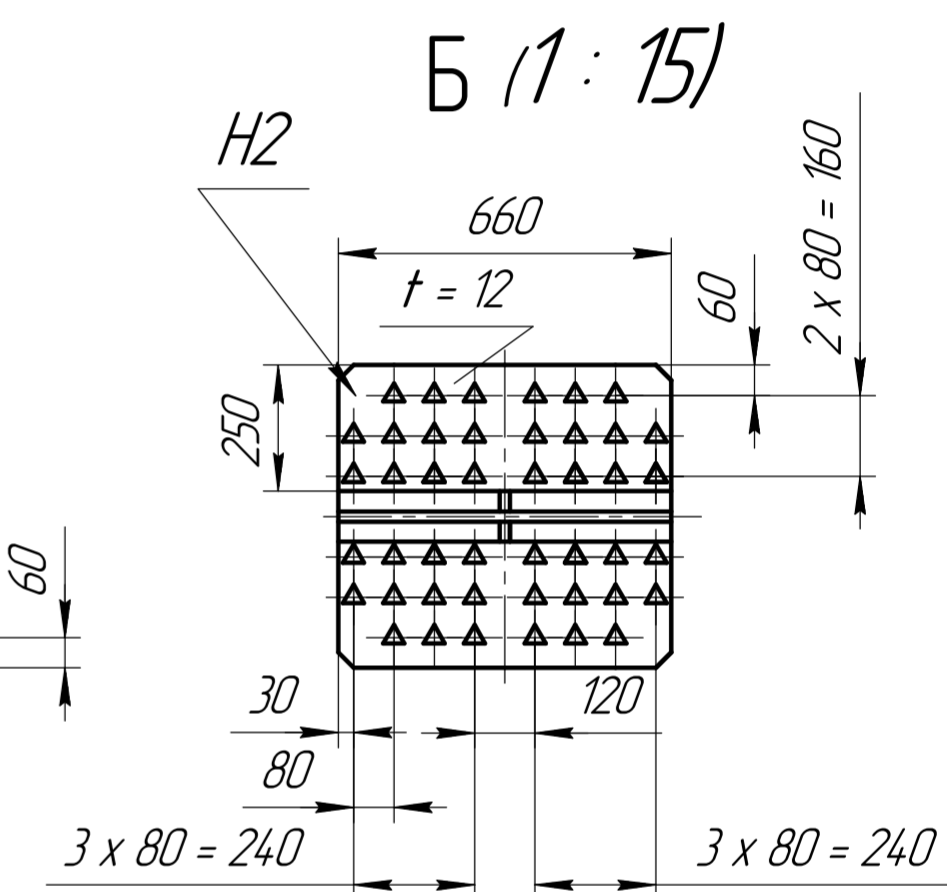
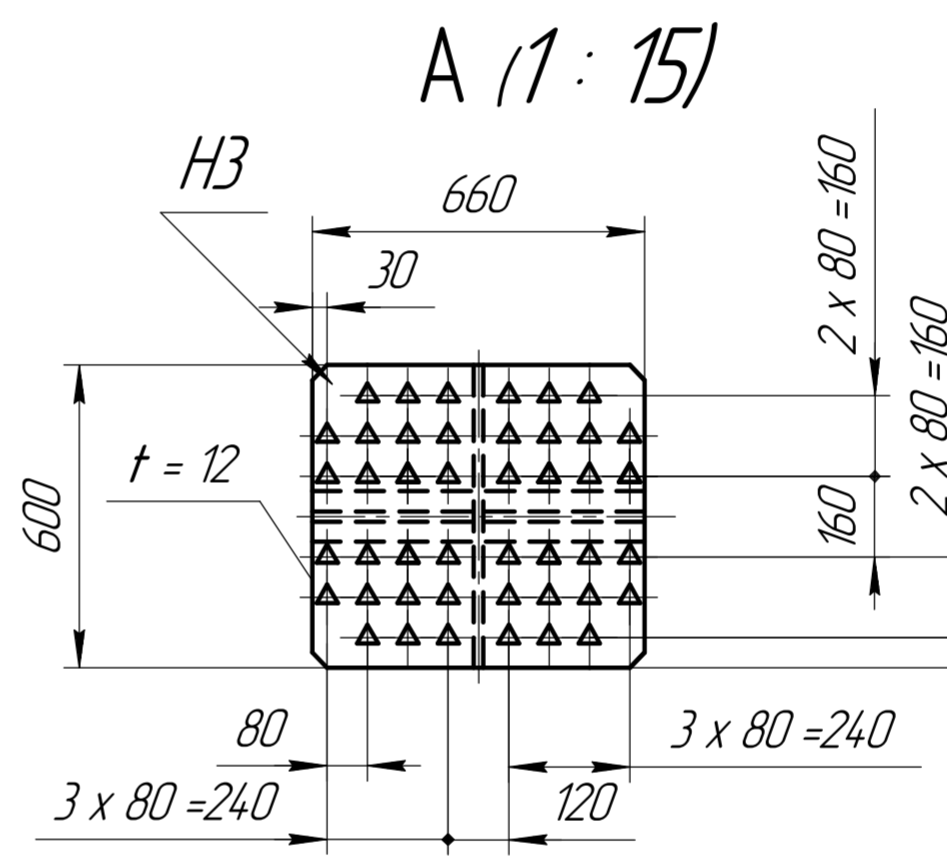
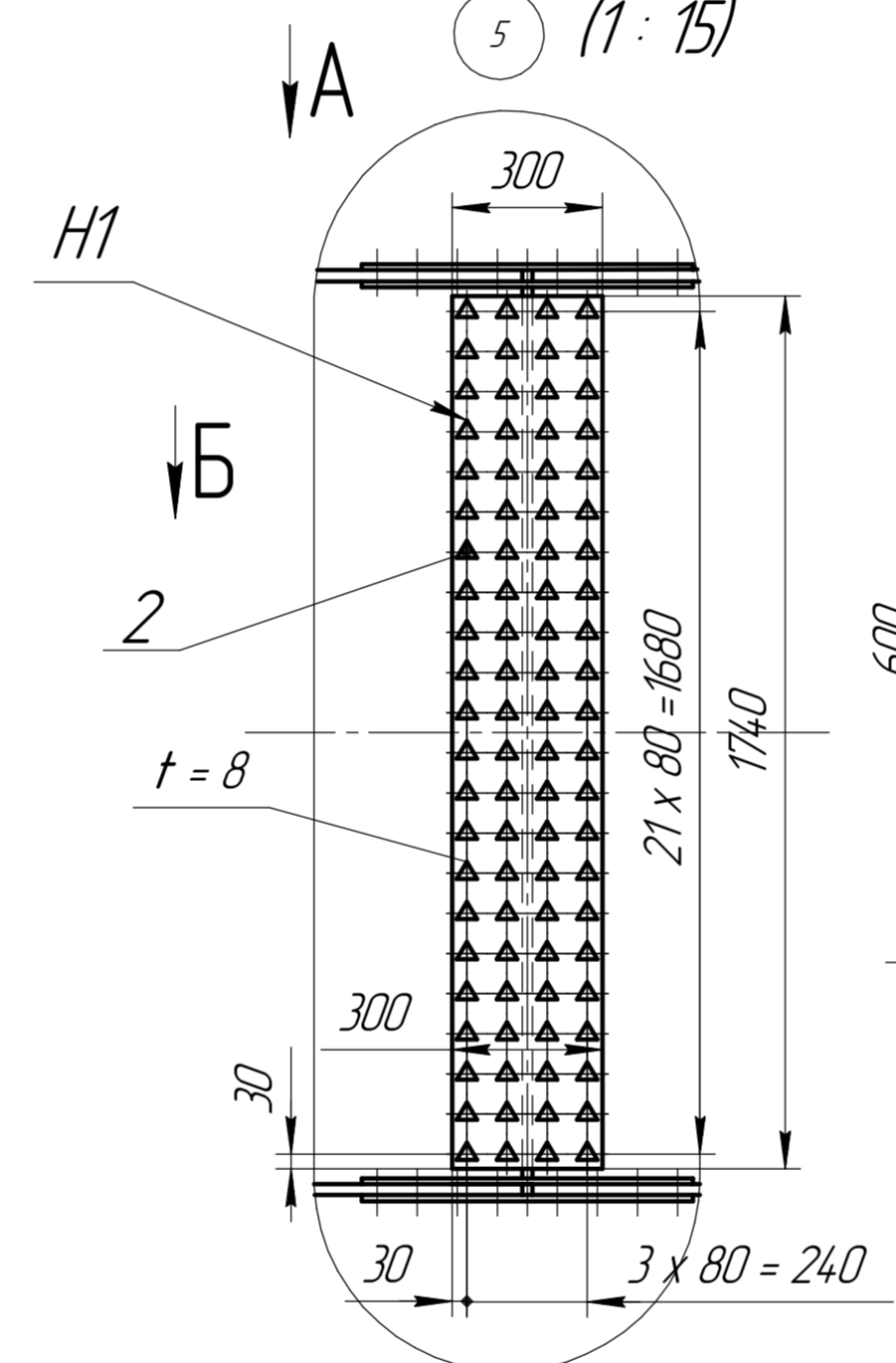
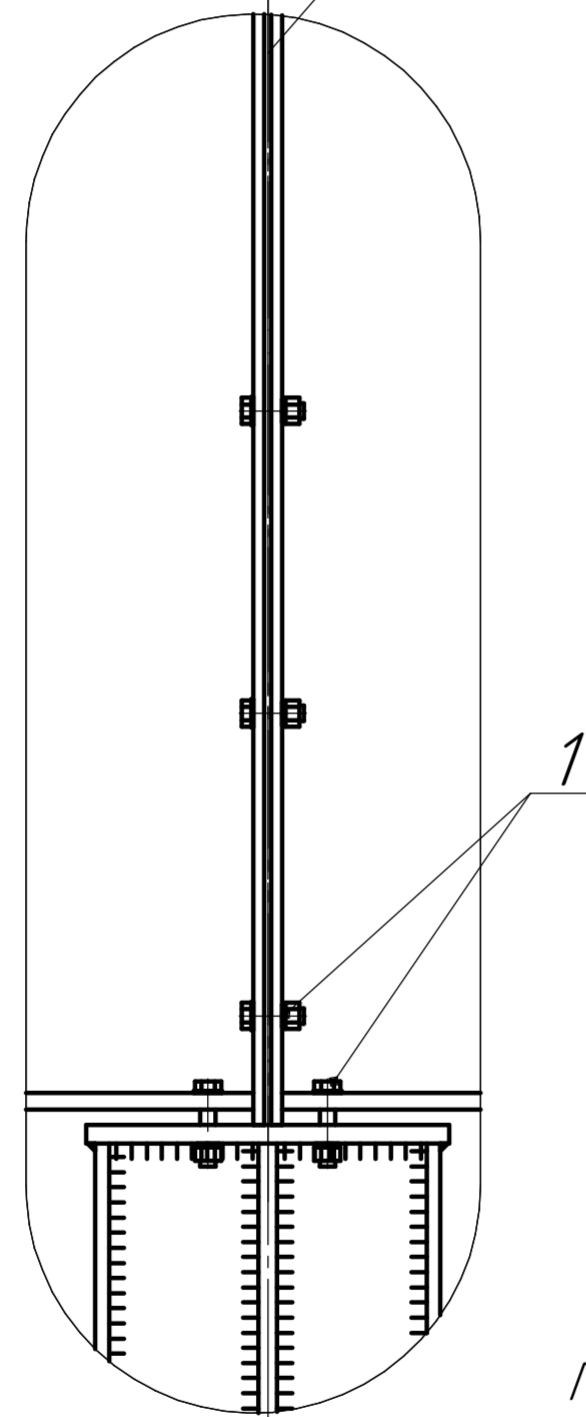
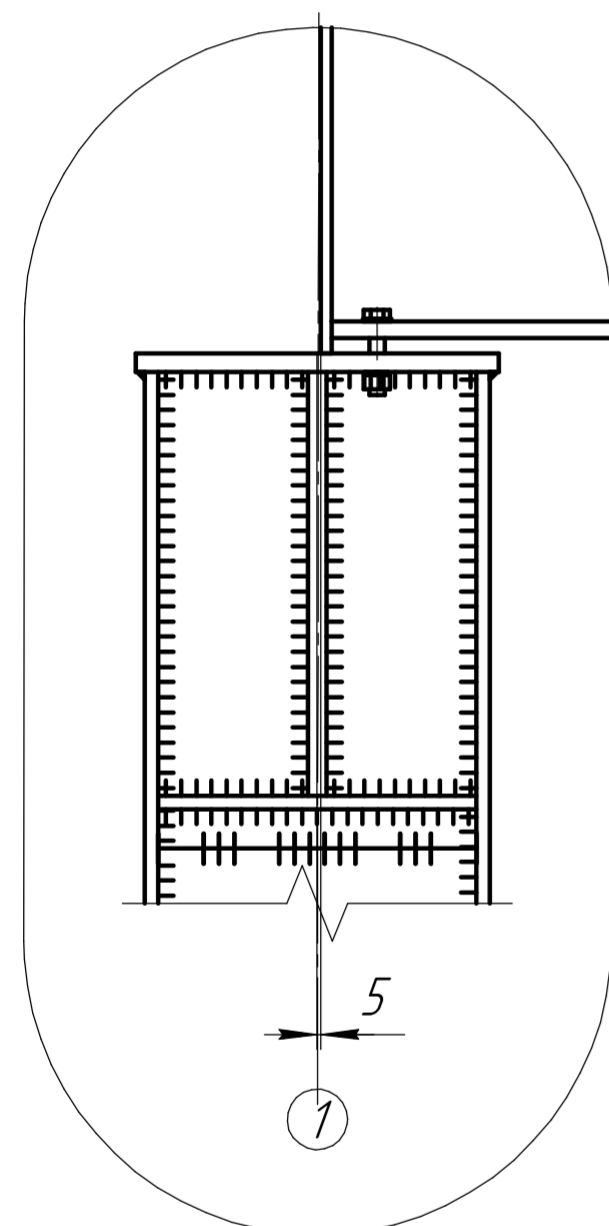


Зазор від 0 до 10мм заповнити сталевю прокладкою

1 (1 : 10)

2 (1 : 10)

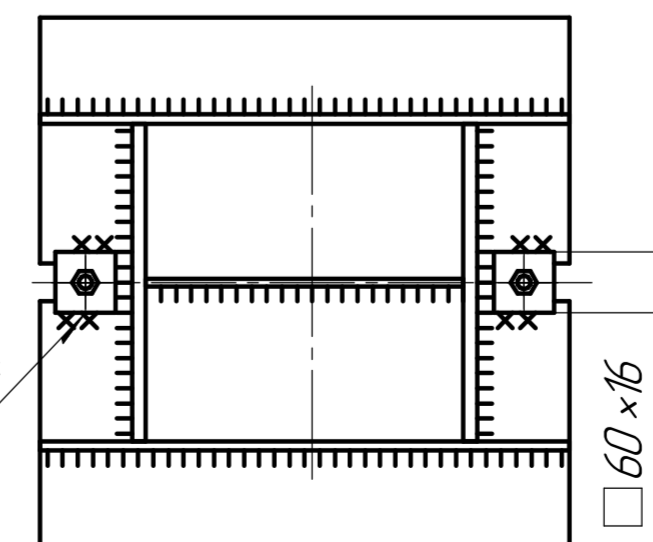
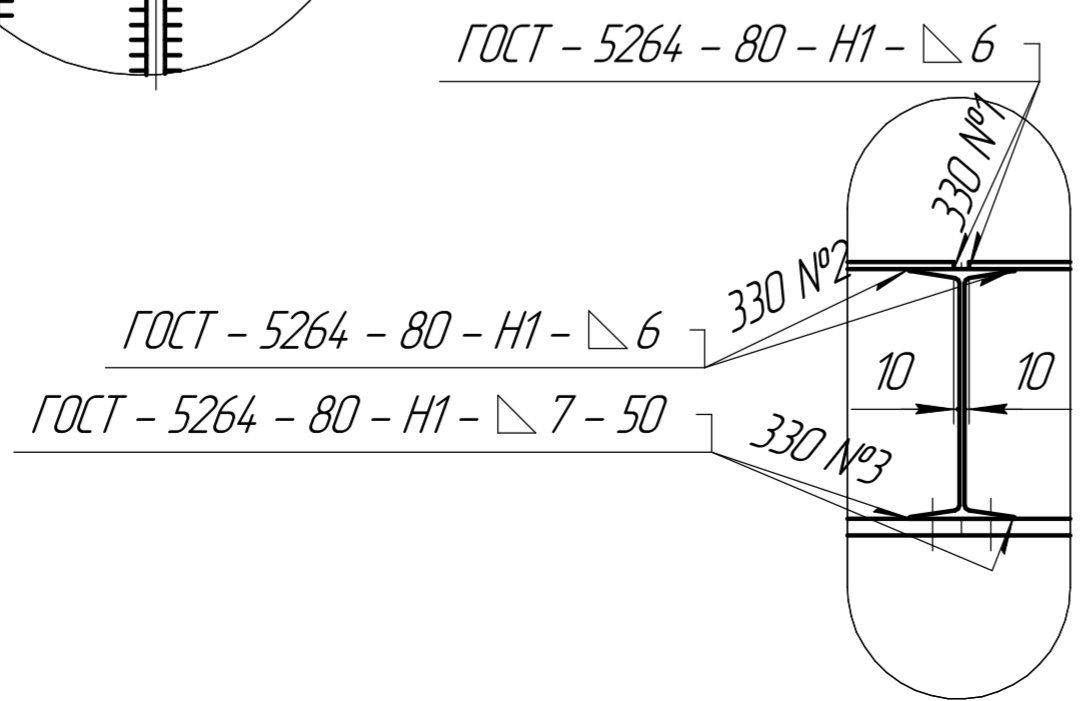
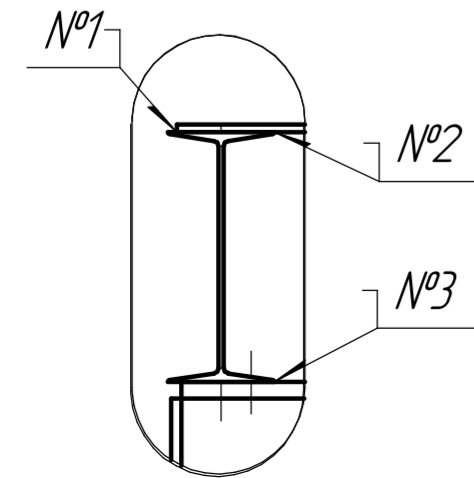
5 (1 : 15)



3 (1 : 10)

4 (1 : 10)

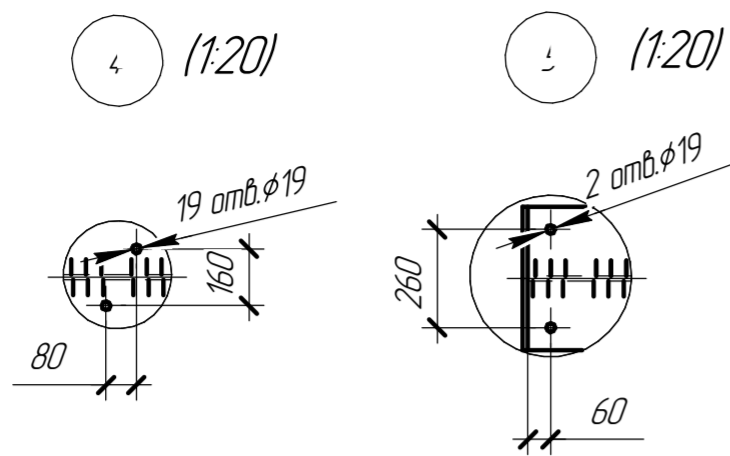
1/1 (1 : 10)



1. Даний аркуш розглядати разом з аркушем 1
2. Обробка поверхнь накладок Н1, Н2, Н3, балока Б1, які з'єднуються газополум'яна без консервації
3. Зварювання виконувати електродом З42 ДСТУ EN ISO 544
- 34 Болти поз.1 класу точності В ДСТУ ISO 898-1:2015 діаметром 16мм
4. Болти поз.2 високоміцні ГОСТ 22356 діаметром 20мм зі сталі 40Х "селект"
5. Контроль зусилля натягу болта поз.2 - за кутом закручування гайки 180° ± 30° після контакту з поверхнею накладки

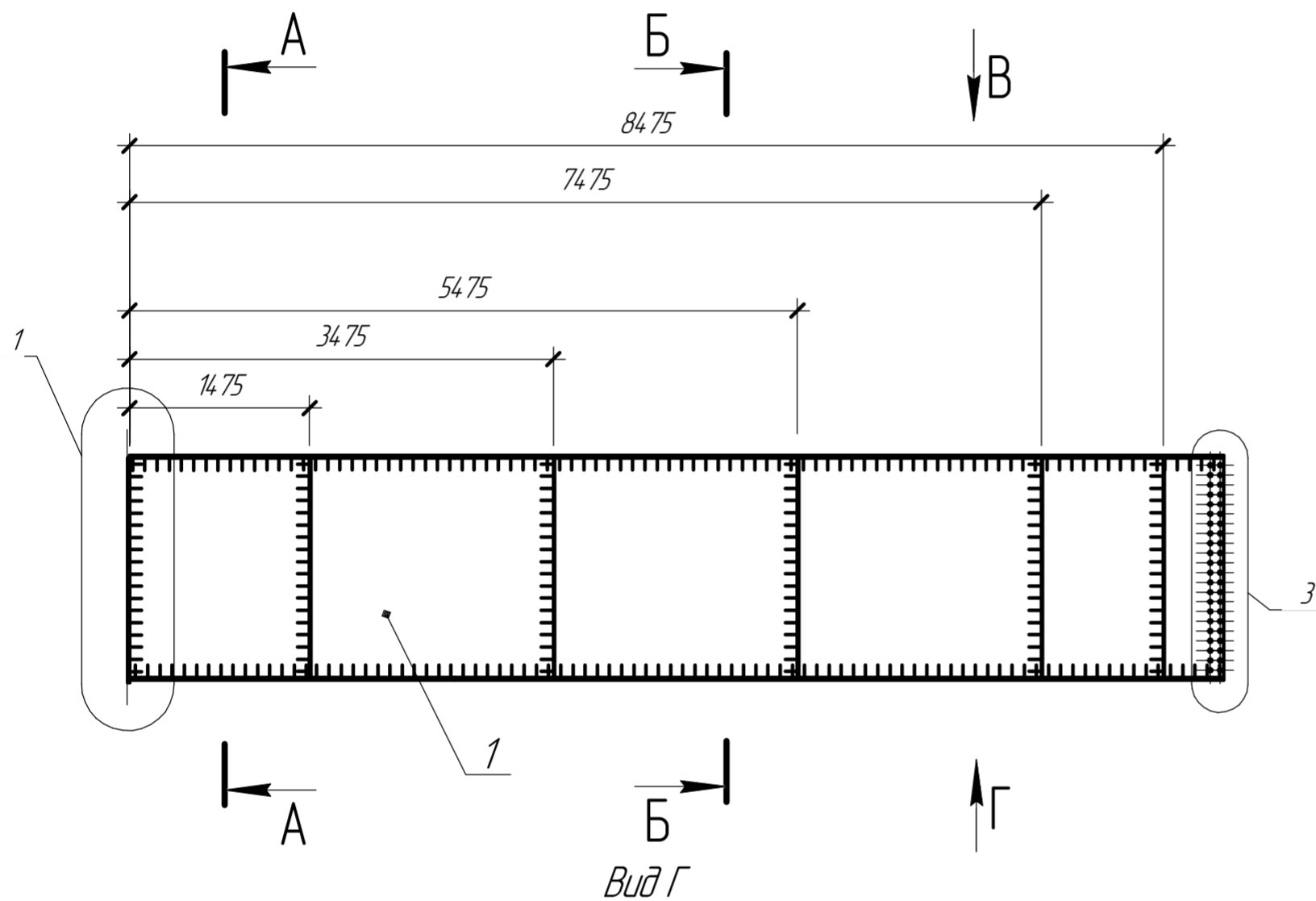
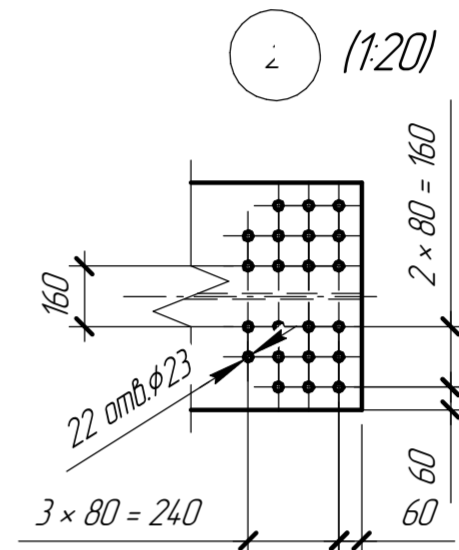
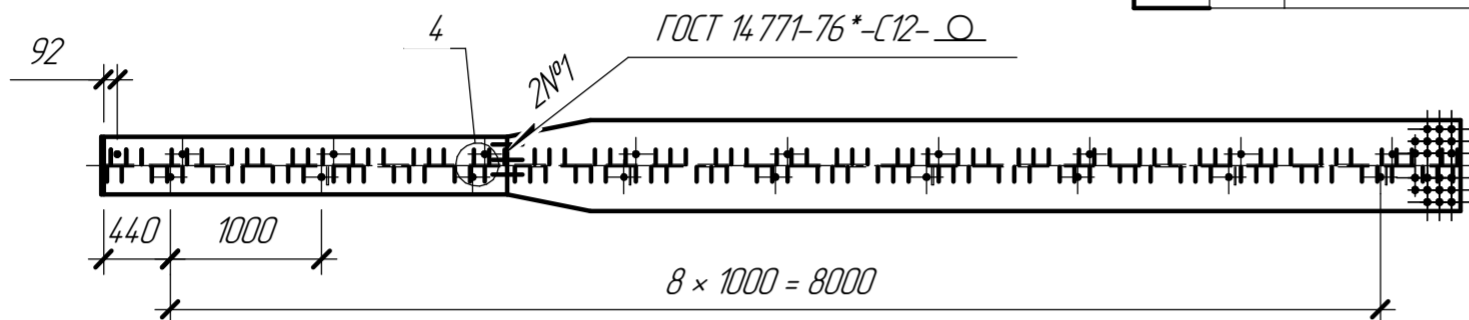
22-6-18-7-4,5 КМ				
Розрахунок і конструювання елементів робочої площадки				
Робоча площадка		КР	2	4
Розріз А-А(1), вузли 1,2,3,4,5,1(1)				
ЦНТУ гр.				

Соголасовано	
Взам. инв. №	
Підп. і дата	
Инд. № подл.	

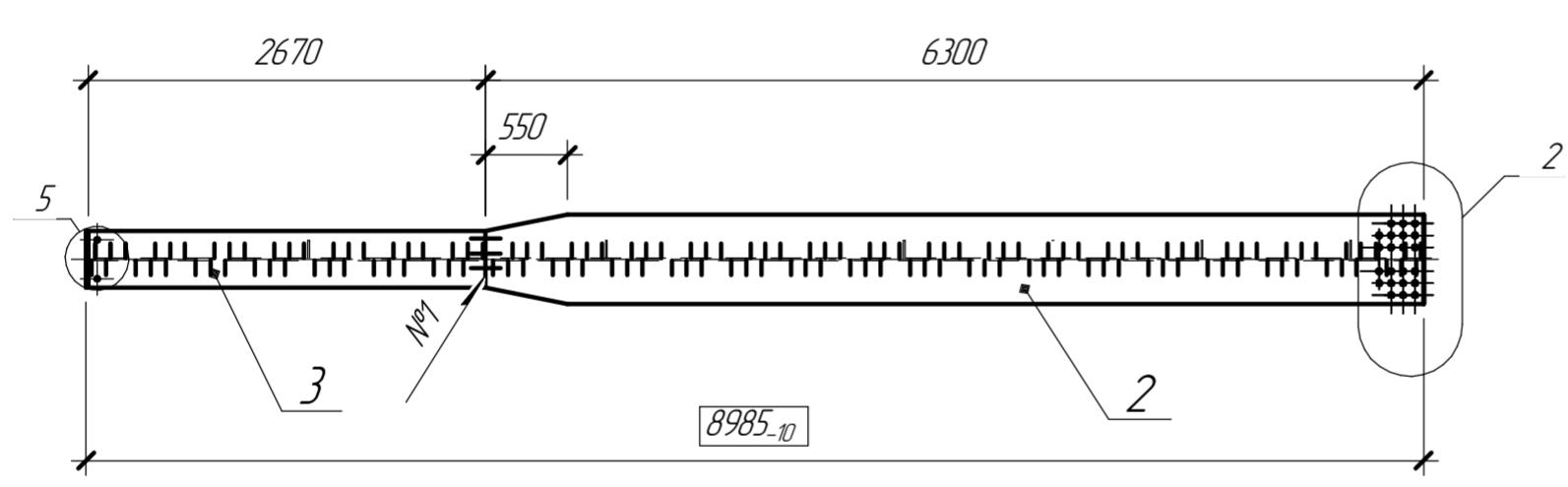
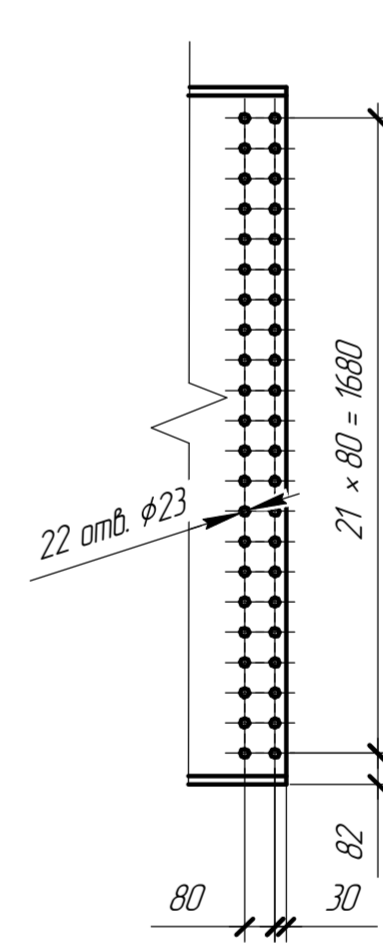


Марка	№ поз.	Переріз	Довжина, мм	Кількість		Маса, кг			Марка сталі	Примітка	
				Т	Н	Деталі	Усіх	Загальна			
БР1	1	× 1800 x 14	8970	1		1772	1774,4	3618	С255 ГОСТ 2772	Обробка краєк під зварювання	
	2	× 600 x 22	6300	2		652,8	1306		С255 ГОСТ 2772	Обробка краєк під зварювання	
	3	× 380 x 22	2670	2		175,2	354,4		С255 ГОСТ 2772	Обробка краєк під зварювання	
	4	× 125 x 10	1800	5		17,7	88,5		С255 ГОСТ 2772	Стругати	
	5	× 380 x 14	1842	1		76,9	76,9		С255 ГОСТ 2772	Стругати	
							15 % на зварні шви		53,6		

Вид В



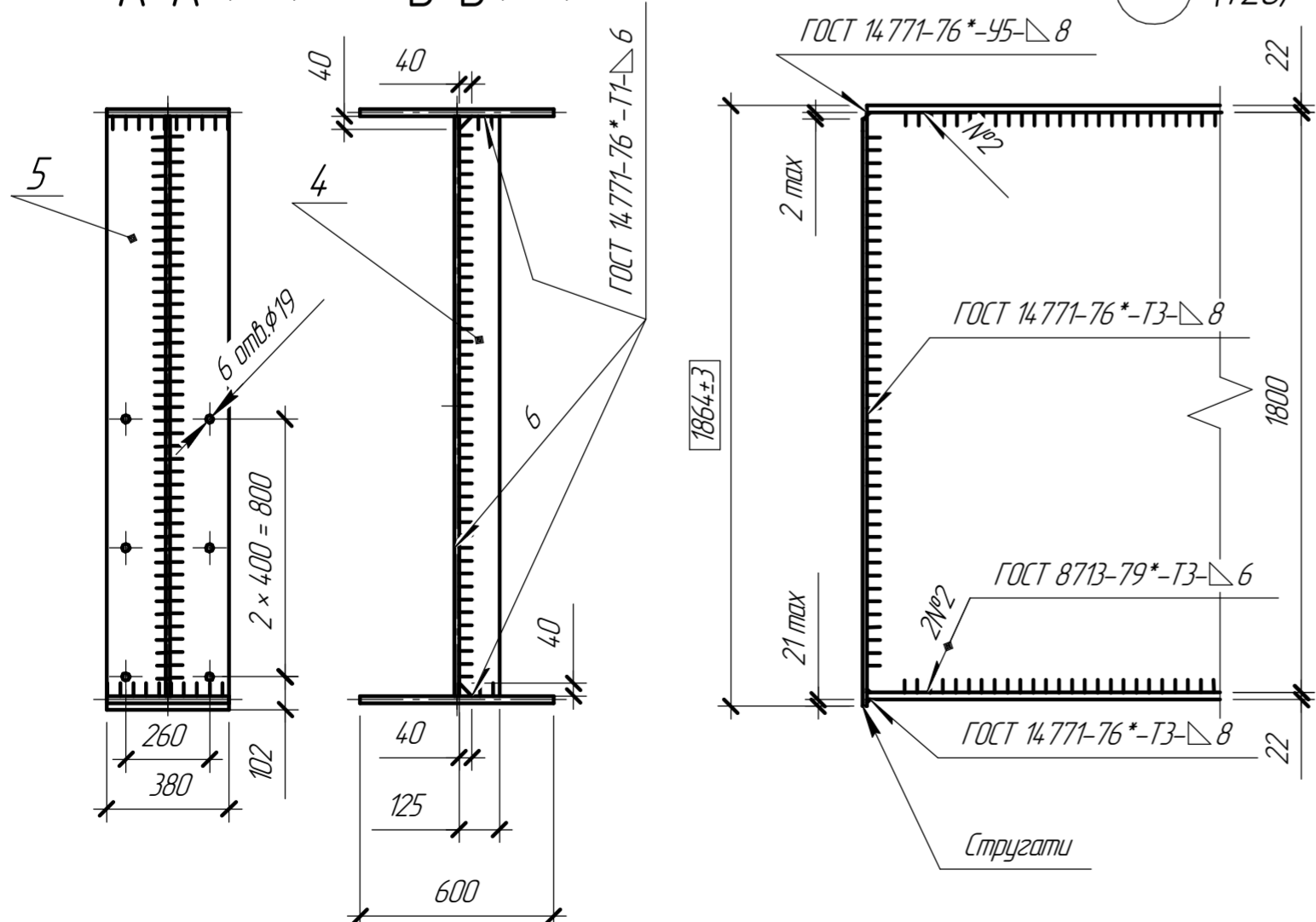
(1:20)



А-А (1:20)

Б-Б (1:20)

(1:20)



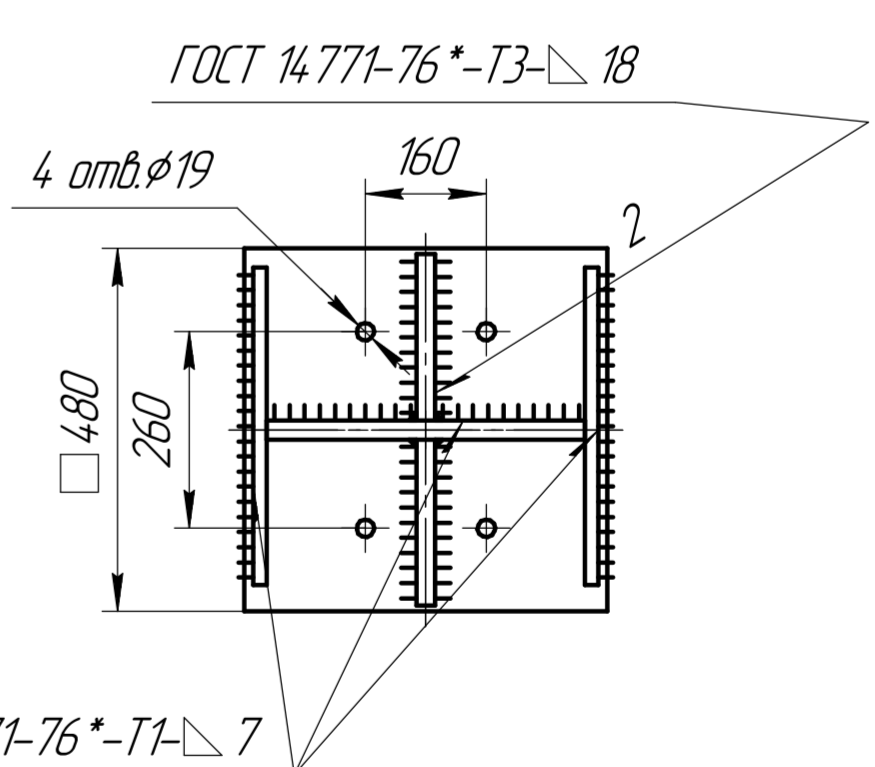
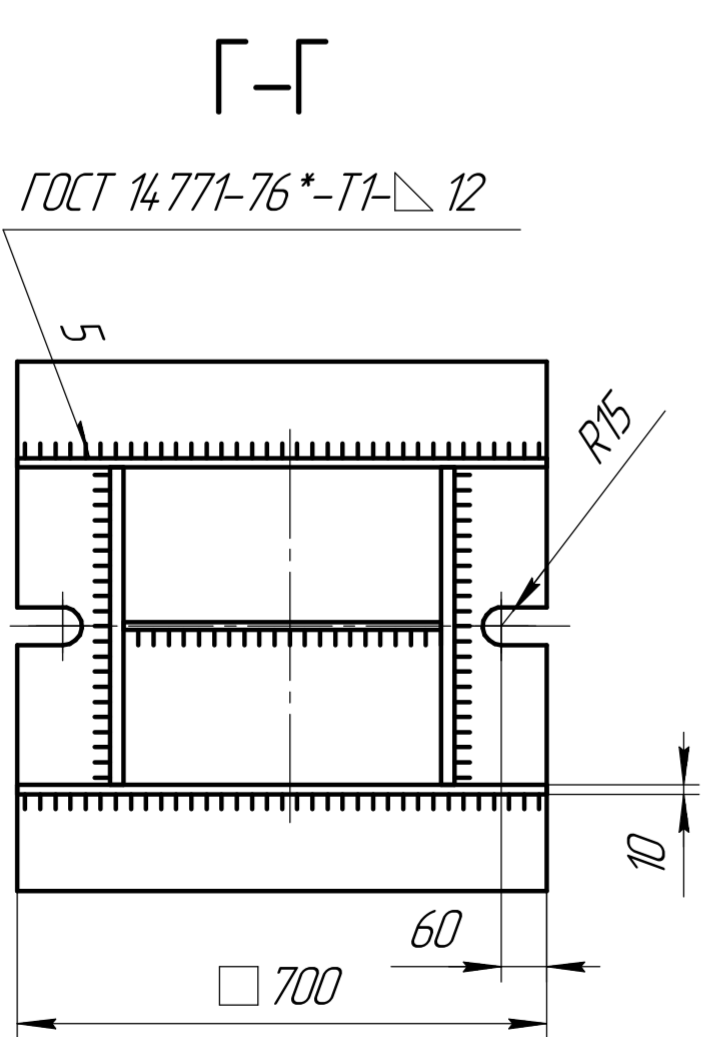
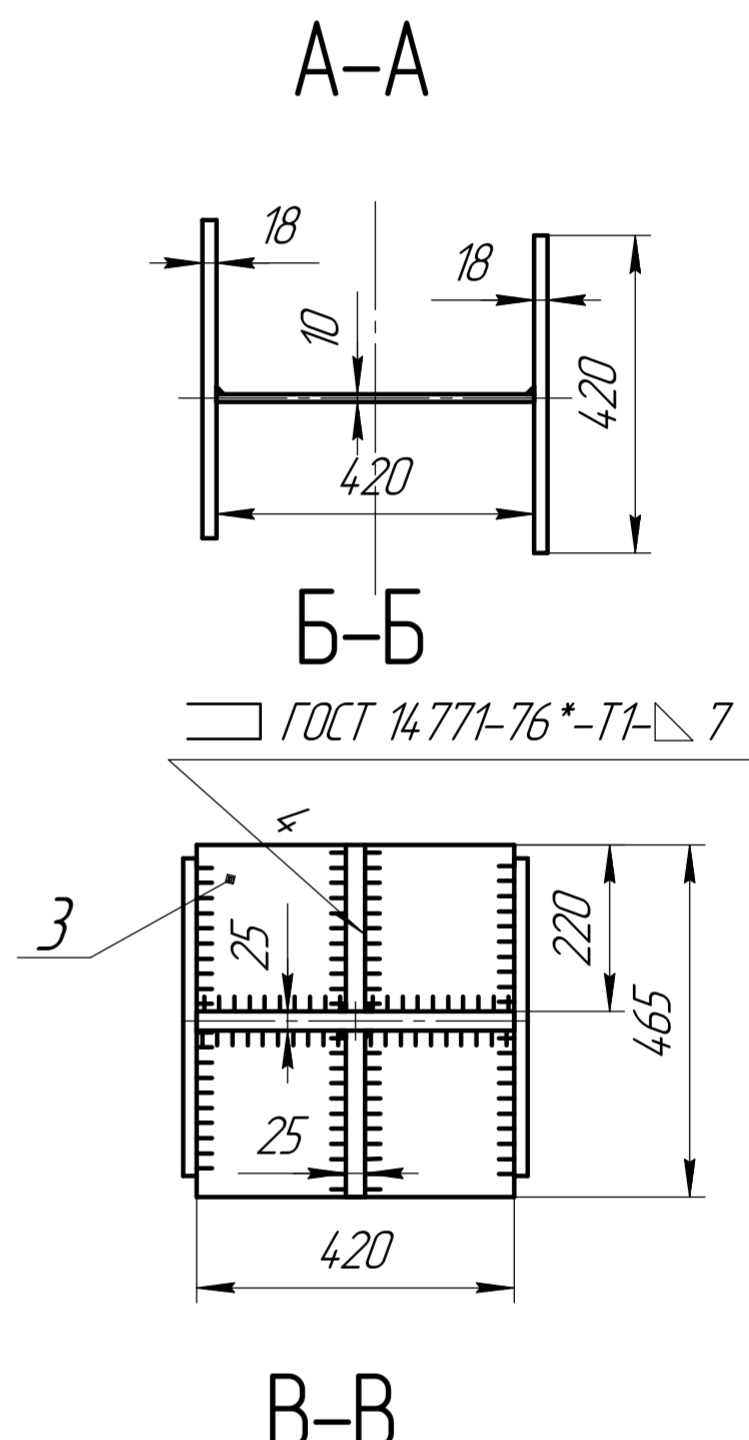
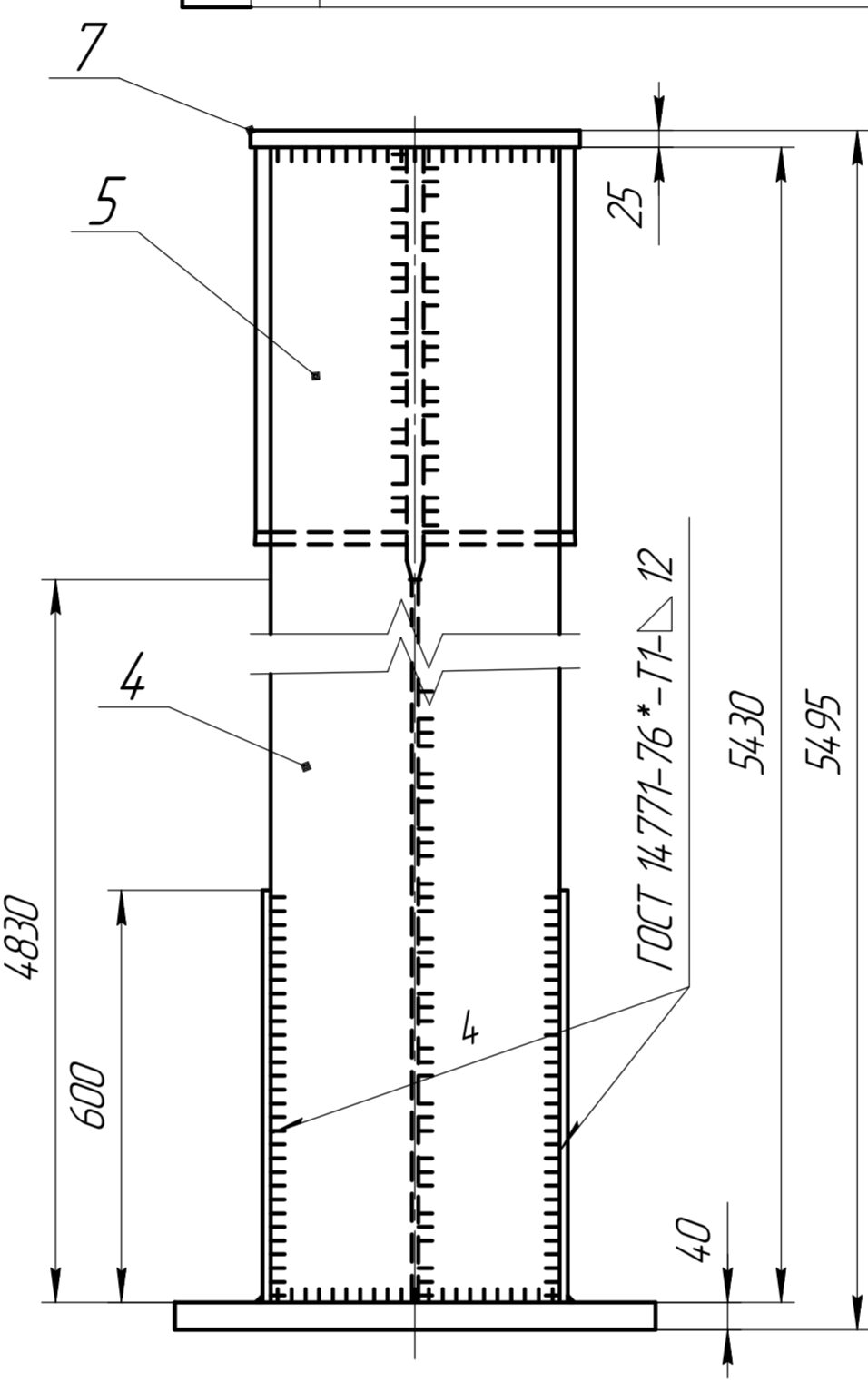
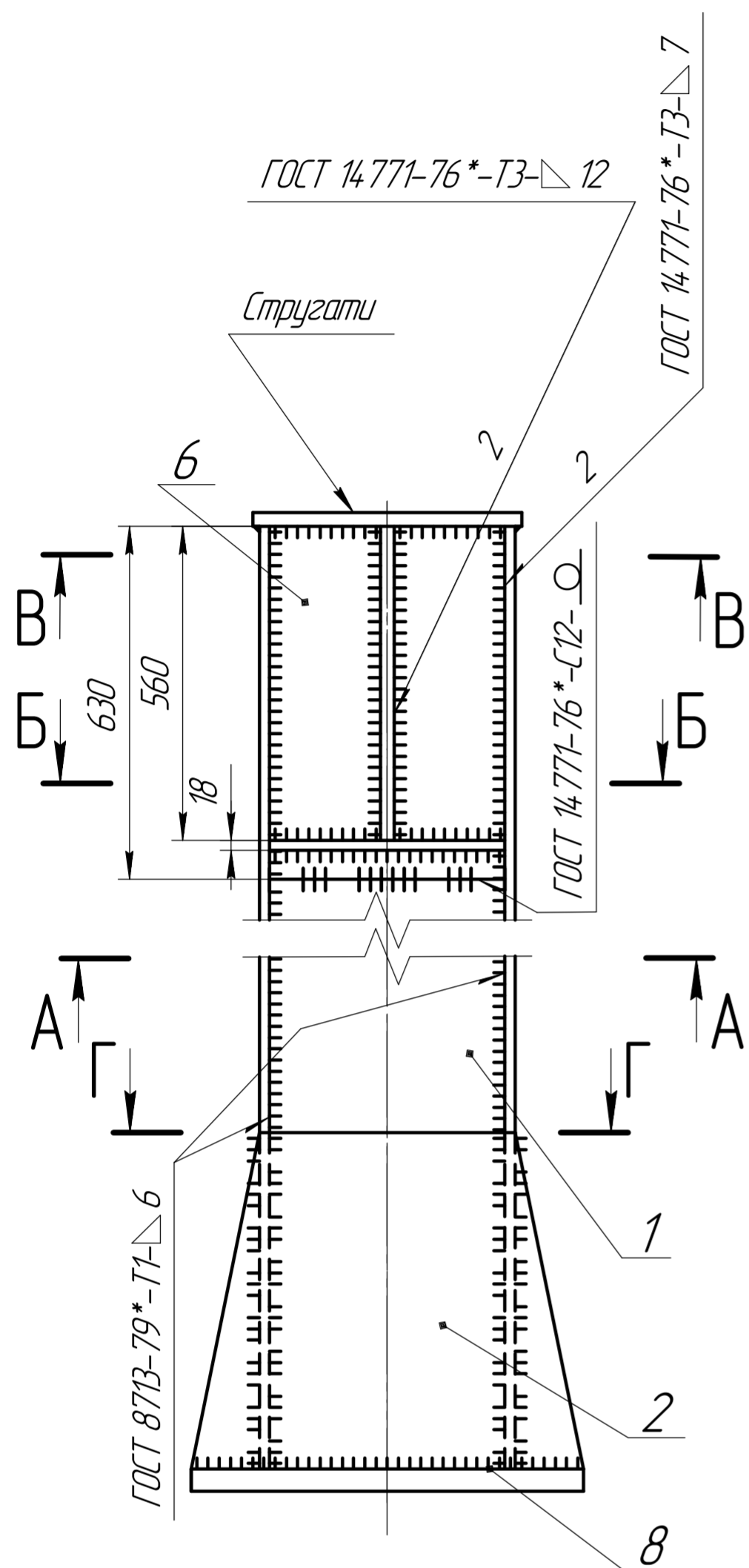
- Шви зварних з'єднань за ГОСТ 14771-76* у середовищі вуглекислого газу ДСТУ EN ISO 14175, зварний дріт Св-08Г2С ДСТУ EN ISO 14343 діаметром 2мм
- Шви зварних з'єднань за ГОСТ 8713-79*, зварний дріт Св-08А ДСТУ EN ISO 544 діаметром 2мм, флюс АН-348-А ДСТУ EN ISO 14174
- Стикові шви №1 полицок поз.2 і поз.3. вивести на технологічні планки та виконати з повним проварюванням

22-6-18-7-4,5 КМ				
Розрахунок і конструювання елементів робочої площадки				
Розробив	Лартнов			
Перевірив	Пашинський			
Робоча площадка		КР	3	4
Відправна марка ГБ1 (1:50)		ЦНТУ зр.		
Затвердив	Настоящий			

Колонна К (1:10)

Специфікація сталі

Марка	№ поз.	Переріз	Довжина, мм	Кількість		Маса, кг			Марка сталі	Примітка
				Т	Н	Деталі	Усіх	Загальна		
К	1	420 x 10	4830	1		159,3	159,3	1167,2		
	2	600 x 10	700	2		33	66			
	3	420 x 18	465	1		38,3	38,3		С235 ГОСТ 2772	
	4	420 x 18	5430	2		322,3	644,6		С235 ГОСТ 2772	
	5	220 x 25	560	2		24,2	48,4		С235 ГОСТ 2772	
	6	420 x 25	630	1		52	52		С235 ГОСТ 2772	Обробка краєк під зварювання
	7	480 x 25	480	1		45,2	45,2			Стругати
	8	700 x 25	700	1		96,2	96,2		С235 ГОСТ 2772	
						15 % на зварні шви		17,25		



1. Шви зварних з'єднань за ГОСТ 14771-76* у середовищі вуглекислого газу ДСТУ EN ISO 14175, зварний дріт Св-08Г2С ДСТУ EN ISO 14343 діаметром 2мм
 2. Шви зварних з'єднань за ГОСТ 8713-79*, зварний дріт Св-08А ДСТУ ISO 544 діаметром 2мм, флюс АН-348-А ДСТУ EN ISO 14174

Согласовано	
Взам. инв. №	
Лист и дата	
Инв. № подл.	

22-6-18-7-4,5 КМ			
Розрахунок і конструювання елементів робочої площадки			
Розробив Перевірив	Лартнов Пашинський	Робоча площадка	
		кр	4 4
Затвердив Настоящий		Колонна К (1:10)	
		ЦНТУ зр.	

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Структура пояснювальної записки	4
2. Правила оформлення пояснювальної записки	4
3. Література рекомендована до використання	7
4. Порядок проектування.....	8
5. Зміст етапів проектування.....	8
6. Структура графічної частини.....	20
7. Оформлення графічного матеріалу	21
Додаток А. Оформлення титульного аркуша.....	23
Додаток Б... Приклад комплекту креслень робочої площадки....	24

Навчально-методичне електронне видання

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ

Методичні рекомендації до виконання курсової роботи

"Робоча площадка промислової будівлі"

для здобувачів освіти усіх форм навчання
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Укладачі: к.т.н., доцент Портнов Г.Д.
д.т.н., професор Пашинський В.А.,
к.т.н., доцент Пашинський М.В.

Електронний ресурс

Кропивницький: ЦНТУ, 2025

© ЦНТУ, Кропивницький, проспект Університетський, 8.
© Портнов Г.Д., Пашинський В.А., Пашинський М.В.