

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

РЕКОНСТРУКЦІЯ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД

РОЗРАХУНОК І ЗАКОНСТРУЮВАННЯ ПІДСИЛЕННЯ НЕСУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ БУДІВЛІ

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра
за освітньою програмою «Геоінженерія» спеціальності 184 «Гірництво»

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2019

Реконструкція підземних споруд. Розрахунок і конструювання підсилення несучих елементів будівлі [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 184 «Гірництво» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: С. М. Стовпник., А. Л. Ган., Л. В. Шайдецька. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,53 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 63 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 2 від 31.10.2019 р.)
за поданням Вченої ради Інституту енергозбереження та енергоменеджменту
(протокол № 3 від 30.09.2019 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

РЕКОНСТРУКЦІЯ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД РОЗРАХУНОК І КОНСТРУЮВАННЯ ПІДСИЛЕННЯ НЕСУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ БУДІВЛІ

Укладачі: *Стовпник Станіслав Миколайович*, канд. техн. наук, доц.
Ган Анатолій Леонідович, канд. техн. наук, доц.
Шайдецька Любов Валентинівна, канд. техн. наук

Відповідальний редактор *Ган О.В.*, інженер кафедри геоінженерії

Рецензент *Лучко А.І.*, канд. техн. наук, виконавчий директор Інституту «Київдормістпроект»

У навчальному виданні викладена методика основних положень розрахунку та конструювання підсилення залізобетонних елементів будівель. Студентам запропоновано розрахувати і конструювати підсилення одного з несучих елементів будівлі: ригель шпренгельною стяжкою; ригель горизонтальною стяжкою; колону попередньо напруженими розпірками; колону залізобетонною обіймою.

Видання призначене для студентів-здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Геоінженерія» спеціальності 184 «Гірництво».

© С.М. Стовпник, А.Л. Ган, Л.В. Шайдецька, 2019
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ВИМОГИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ПІДСИЛЕННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ	6
1.1. Основні визначення та поняття.....	6
1.2. Загальні правила проектування, підсилення та ремонту конструкцій.....	14
1.3. Вихідні дані для проектування	14
1.4. Рекомендовані класи арматури і матеріали	15
1.5. Конструктивні вимоги	16
2. ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО РИГЕЛЯ ПРУЖНОЮ ОПОРОЮ	18
2.1. Вихідні дані для проектування	19
2.2. Алгоритм розрахунку.....	20
2.3. Підбір перерізу балки пружної опори	23
2.4. Вихідні дані для підсилення залізобетонного ригеля пружною опорою.....	25
Питання для самоперевірки	26
3. ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОЛОНИ МЕТАЛЕВОЮ ОБОЙМОЮ	27
3.1. Вихідні дані для проектування	28
3.2. Алгоритм розрахунку	29
3.3. Вихідні дані підсилення залізобетонної колони металевою обоймою	32
Питання для самоперевірки	33
4. ПІДСИЛЕННЯ РИГЕЛЯ ШПРЕНГЕЛЬНОЮ СТЯЖКОЮ.....	34
4.1. Дані для проектування	34
4.2. Алгоритм розрахунку	35
4.3. Конструювання шпренгеля.....	39
4.4. Вихідні дані для підсилення ригеля шпренгельною стяжкою	40
Питання для самоперевірки	41
5. ПІДСИЛЕННЯ РИГЕЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО НАПРУЖЕНОЮ СТЯЖКОЮ.....	42
5.1. Вихідні дані для проектування.....	43
5.2. Алгоритм розрахунку	43
5.3. Конструювання шпренгеля.....	46

5.4. Вихідні дані для підсилення ригеля горизонтально напруженою стяжкою.....	47
Питання для самоперевірки.....	48
6. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТА ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ.....	49
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	50
ДОДАТОК 1 Розрахункові опори та початковий модуль пружності важкого бетону.....	51
ДОДАТОК 2 Розрахункові значення опору арматури на розтягнення, та на стиснення при розрахунку за граничним станом І групи.....	52
ДОДАТОК 3 Сортамент прокатної сталі. Сталь прокатна кутова рівнобока (вибірка з ГОСТ 8509-57).....	53
ДОДАТОК 4 Сортамент арматури.....	56
ДОДАТОК 5 Двотаври металеві. Гарячекатані. (вибірка з ГОСТ 8239- 89).....	57
ДОДАТОК 6 Коефіцієнт умов роботи (вибірка з ДБН В. 2.6 - 163:2010) ...	59
ДОДАТОК 7 Граничні гнучкості елементів $[\lambda]$ (вибірка з ДБН В. 2.6 - 163:2010).....	60
ДОДАТОК 8 Коефіцієнт поздовжнього згинання φ (вибірка з ДБН В. 2.6 - 163:2010).....	61
ДОДАТОК 9 Механічні властивості листового та широкоштабового універсального прокату та заготовок для гнутих профілів (вибірка з ДСТУ 9539:2015).....	62

ВСТУП

Навчальне видання складене для студентів спеціальності 184 «Гірництво» за вибіркоким блоком «Геоінженерія мегаполісів». У навчальному виданні викладена методика основних положень розрахунку та конструювання підсилення залізобетонних елементів будівель.

За індивідуальним завданням необхідно розрахувати і запроектувати підсилення одного з несучих елементів будівлі:

- ригель шпренгельною стяжкою;
- ригель горизонтальною стяжкою;
- колону попередньо напруженими розпірками;
- колону залізобетонною обіймою.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- сучасних наукових підходів до реконструкції підземних споруд на різних етапах проектування;
- основних понять про надійність та довговічність споруд, механізми корозії матеріалів та руйнування підземних конструкцій та споруд;

вміння:

- оцінювати технічний стан конструкцій відповідно до надійності та довговічності споруд;
- визначати технічний стан кам'яних, залізобетонних та металевих конструкцій;
- проводити розрахунки та конструювання кам'яних та залізобетонних конструкцій.

мати досвід:

- визначення технічного стану конструкцій та споруд, проектування підсилення та ремонту конструкцій, геотехнічних реконструкцій.

1. ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ВИМОГИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ПІДСИЛЕННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

1.1. Основні визначення та поняття

Реконструкція будівель і споруд – комплекс ремонтно-будівельних робіт, пов'язаних з перевлаштуванням будівлі, споруди або всього об'єкту в цілому з метою підвищити його місткості, комфортності і т. п. Реконструкція припускає розбирання окремих частин споруд і будівництво нових. Інакше можна сказати, що *реконструкція будівлі включає* оцінку її стану і виконання комплексу ремонтно-будівельних робіт, направлених на перевлаштування або відтворення окремих конструктивів або всієї споруди в цілях вдосконалення або зміни її функціонального призначення і продовження терміну подальшої експлуатації.

Життєвий цикл споруд – комплекс послідовних за змістом і часом періодів існування будівельного об'єкта від концепції його створення до зняття з експлуатації та ліквідації і складається з наступних етапів:

- вишукування і проектування;
- виготовлення, транспортування та зберігання будівельних виробів;
- освоєння будівельного майданчика та зведення об'єкта, приймання об'єкта в експлуатацію;
- використання об'єкта за призначенням протягом встановленого терміну експлуатації, оцінка технічного стану, ремонт;
- реконструкція й подальше використання у нових умовах;
- ліквідація об'єкта.

Ремонт споруд - комплекс будівельних робіт та організаційно-технічних заходів по усуненню фізичного і морального зносу, не пов'язаних зі зміною основних техніко-економічних показників споруди. Система планово-попереджувального ремонту включає поточний і капітальний ремонти.

Поточний ремонт - ремонт споруд з метою відновлення справності його конструкцій і систем інженерного обладнання, підтримання експлуатаційних показників.

Поточний ремонт проводиться з періодичністю, що забезпечує ефективну експлуатацію будівлі з моменту завершення його будівництва до моменту поставки на черговий капітальний ремонт. При цьому враховуються природно-кліматичні умови, конструктивні рішення, технічний стан і режим експлуатації будівлі.

Капітальний ремонт - ремонт споруди з метою відновлення її ресурсу із заміною при необхідності конструктивних елементів і систем інженерного устаткування, а також поліпшення експлуатаційних показників. Капітальний ремонт включає усунення несправностей всіх зношених елементів, відновлення або заміну несучих стін і каркасів.

Капітальний ремонт виконується у двох випадках: за технічним станом, коли ремонт починають після появи несправностей, і профілактично-попереджувальний, коли ремонт виконують до появи відмов, тобто для його попередження.

Технічна експлуатація споруди – це комплекс заходів, які забезпечують безвідмовну роботу всіх елементів і систем споруди протягом не менш нормативного терміну служби, функціонування споруди за призначенням.

Надійність – це властивість, що забезпечує нормативний температурно-вологісний і комфортний режим приміщень, що зберігає при цьому експлуатаційні показники (тепло-, волого-, повітро-, звукоізоляції) в заданих нормативних межах, міцність, декоративні функції протягом заданого терміну експлуатації.

Надійність характеризується такими основними властивостями: ремонтпридатністю, збереженістю, довговічністю, безвідмовністю.

Безвідмовність – це здатність об'єкта безперервно зберігати роботоздатний стан протягом заданого терміну експлуатації

Відмова – це подія, що полягає в переході через один із граничних станів (реалізація позаграничного стану), або іншими словами – це втрата працездатності конструкції або інженерної системи.

Ремонтпридатність – це пристосованість об'єкта до підтримання і відновлення роботоздатного стану за допомогою технічного обслуговування і ремонту

Збереженість – здатність окремих елементів, а також споруди в цілому до введення в експлуатацію та під час ремонтів протистояти негативному впливу незадовільного зберігання, транспортування, старіння та монтажу.

Довговічність – це властивість об'єкта зберігати роботоздатний стан до настання граничного стану в умовах установленної системи технічного обслуговування та ремонту.

Граничний стан – це стан, за якого подальша експлуатація будівельного об'єкта недопустима, пов'язана з труднощами або недоцільна.

Основною вимогою, яка визначає надійність будівельного об'єкта, є його відповідність призначенню й здатність зберігати необхідні експлуатаційні якості протягом встановленого терміну експлуатації. До них належать:

- гарантія безпеки для здоров'я і життя людей, майна та довкілля;
- збереження цілісності об'єкта та його основних частин і виконання інших вимог, які гарантують можливість використання об'єкта за призначенням і нормального функціонування технологічного процесу, включаючи вимоги до жорсткості будівельних конструкцій і основ, тепло- і звукоізоляційних властивостей огорожень, їх герметичності, акустичних характеристик тощо;
- забезпечення можливості розвитку об'єкта (наприклад, добудови без підсилення наявних конструкцій або збільшення обсягів виробництва для

промислової будівлі) та його пристосування до технічних, економічних або соціальних умов, що змінюються;

– створення необхідного рівня зручностей і комфорту для користувачів та експлуатаційного персоналу, включаючи вимоги до кліматичного режиму в приміщеннях (повітрообмін, температура, вологість, рівень освітленості тощо), а також доступність для оглядів і ремонтів, можливість заміни і модернізації окремих елементів тощо;

– обмеження ступеня ризику шляхом виконання вимог до вогнестійкості, безвідмовності роботи захисних пристроїв, надійності систем і мереж життєзабезпечення, живучості будівельних конструкцій тощо.

У конкретних випадках цей перелік може бути уточненим і розширеним (наприклад, введенням додаткової умови до межі радіаційного фону від застосованих будівельних матеріалів і виробів).

Чисельно надійність характеризується показниками ймовірності безвідмовної роботи, наробітком до відмови, середнім терміном служби тощо.

Відмовою вважається реалізація такого стану споруди, її частини або елемента, який призводить до появи значних економічних збитків чи соціальних втрат. При цьому відрізняють відмови-зриви, поява яких одразу ж викликає виникнення збитків (втрат), і відмови-перешкоди, після появи яких починається поступове накопичення збитків (втрат).

Нормативний термін служби встановлюють будівельними нормами і є усередненим показником, який залежить від капітальності будівель.

По *капітальності* житлові будівлі в залежності від матеріалу стін і перекриттів ділять на шість груп:

1. Особливо капітальне (термін служби 150 років);
2. Звичайне (термін служби 120 років);
3. Кам'яне полегшене (термін служби 120 років);
4. Дерев'яне, змішане сирцеве (термін служби 50 років);
5. Збірно-щитове каркасне, глинобитне, саманне, фахверкове (термін служби 30 років);
6. Каркасно-комишитові (термін служби 15 років).

Виробничі будівлі і споруди поділяються на чотири групи по капітальності.

До першої групи належать будівлі, до яких висувають високі вимоги, до четвертої - будівлі з мінімально необхідними міцністю і довговічністю, якістю обробки, ступенем оснащення інженерними та санітарно-технічними системами.

Довговічність конструкцій – це термін їх служби без втрати необхідних якостей при заданому режимі експлуатації і в даних кліматичних умовах. Встановлено чотири ступені довговічності огорожувальних конструкцій: перша ступінь – термін служби не менше 100 років, друга – 50 років, третина – 20 – 50 років, четверта – до 20 років.

Всі будівлі та споруди в залежності від ступеня довговічності і вогнестійкості діляться на чотири класи за призначенням.

До I класу відносять великі громадські споруди (театри, музеї, підземні переходи, метро і т. п.). До таких споруд пред'являють підвищені вимоги; до II класу – дитячі установи, школи, лікарні, підприємства громадського харчування і торгівлі; до III класу – будівлі і споруди не нижче п'яти поверхів; до IV класу – 1-2-х поверхові будинки та інші будівлі і споруди, до яких пред'являються мінімальні вимоги. Розподіл будівель на класи має на меті виявити для них економічно доцільні рішення.

Встановлений термін експлуатації будівель і споруд визначається при проектуванні на основі техніко-економічних розрахунків з урахуванням умов і режиму експлуатації. Якщо виконати вказані техніко-економічні розрахунки неможливо, то термін експлуатації можна визначати орієнтовно (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. Орієнтовний термін експлуатації будівель і споруд в залежності від призначення

Найменування	Орієнтовне значення встановленого терміну експлуатації T_{ef} років
Будівлі:	
житлові та громадські	100
виробничі та допоміжні	60
складські	60
сільськогосподарські	50
мобільні збірно-розбірні (у тому числі промислові, житлові та інші)	20
мобільні контейнерні	15
Інженерні споруди:	
мости, в залежності від типу	80-100
греблі	120
тунелі	120
резервуари для води	80
резервуари для нафти і нафтопродуктів	40
резервуари для хімічної промисловості	30
ємнісні конструкції для сипких матеріалів	20-30
башти і щогли, в залежності від призначення	20-40
димові труби	30
теплиці	30
Примітка. Наведені значення T_{ef} не призначені для нарахування амортизаційних відрахувань або для інших цілей, відмінних від оцінювання надійності.	

Під **фізичним зносом** конструкцій, технічних пристроїв і будинків у цілому мається на увазі втрата ними первісних техніко-експлуатаційних

показників (міцності, стійкості, надійності і т. ін.) внаслідок дії природно - кліматичних, технічних факторів та життєдіяльності людини.

Основними причинами фізичного зносу є вплив природних факторів, а також технологічних процесів, пов'язаних з використанням будівель і споруд. Фізичний знос встановлюють:

- на основі візуального і інструментального обстеження конструктивних елементів і визначення відсотка втрати їх експлуатаційних властивостей внаслідок фізичного зносу за допомогою таблиць;
- експертним шляхом з оцінкою залишкового терміну служби;
- розрахунковим шляхом;
- інженерним обстеженням будинків з визначенням вартості робіт, необхідних для відновлення експлуатаційних властивостей.

Фізичний знос визначається методом складання величин фізичного зносу окремих елементів будівлі: фундаментів, стін, перекриттів, даху, покрівлі, підлоги, віконних і дверних пристроїв, оздоблювальних робіт, внутрішніх санітарно-технічних і електротехнічних пристроїв інших елементів (табл. 1.2).

Таблиця 1.2. Приблизна шкала оцінки зносу елементів будинку

Фізичний знос, %	Оцінка технічного стану	Загальна характеристика технічного стану
0-20	Добрий	Пошкоджень і деформацій немає. Є окремі несправності, що не впливають на експлуатацію елемента і усуваються під час ремонту
21-40	Задовільний	Елементи будівлі в цілому придатні для експлуатації, але потребують ремонту, який найдоцільніший на цій стадії
41-60	Незадовільний	Експлуатація елементів будинку можлива лише при умові проведення їх ремонту
61-80	Ветхий	Стан несучих конструктивних елементів аварійний, а не несучих – дуже ветхий. Обмежене виконання елементами будинку своїх функцій
81-100	Непридатний	Елементи будинку знаходяться у зруйнованому стані. При зносі 100% залишки елемента повністю ліквідовані

Для елементів будинку, що мають на окремих ділянках різну ступінь зносу або складаються з декількох частин, величина фізичного зносу визначається за формулою:

$$\Phi_e = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i \frac{\gamma_i}{100}$$

де ϕ_i – величина фізичного зносу окремої ($i - i$) ділянки (частини) елемента, що визначається за таблицями, % ; γ_i – питома вага (відносна вартість) ($i - i$) ділянки (частини) елемента в його загальних розмірах чи в загальній вартості, % ; n – кількість ділянок (частин), на які поділено елемент будинку, для якого визначається фізичний знос.

Величина фізичного зносу будинку визначається за формулою:

$$\Phi_6 = \sum_{e=1}^{e=m} \phi_e \frac{\gamma_e}{100}$$

де Φ_6 – величина фізичного зносу будинку, %; ϕ_e – величина фізичного зносу окремих елементів будинку (конструкцій, інженерного обладнання), %; γ_e – питома вага елемента будинку в його загальній вартості відтворення, %; m – загальна кількість окремих елементів будинку.

Метод визначення фізичного зносу на основі інженерного дослідження передбачає інструментальний контроль стану елементів будівлі та визначення ступеня втрати їх експлуатацією властивостей.

Оцінки фізичного зносу за методом зіставлення фактичних і нормативних термінів служби являє лінійну залежність зносу від термінів служби, що не відповідає дійсній закономірності фізичних процесом, супроводжуваних фізичний знос елементів будівель. Тому необхідно проводити інженерне обстеження для об'єктивної оцінки фізичного зносу.

Моральний знос - величина, що характеризує ступінь відповідності основних параметрів, що визначають умови проживання, обсяг і якість послуг, що надаються, сучасним вимогам.

Розрізняють моральний знос двох форм. Моральний знос першої форми пов'язаний зі зниженням вартості будівлі в порівнянні з його вартістю в період будівництва, тобто зменшення вартості будівельних робіт в міру зниження їх собівартості (внаслідок зміни масштабів будівельного виробництва, зростання продуктивності праці).

Моральний знос другої форми визначає старіння будівлі по відношенню до існуючих на момент оцінки об'ємно-планувальних санітарно-гігієнічних, конструктивних та інших вимогам, які полягають в дефектах планування, невідповідність конструктивні елементів будівлі сучасним вимогам (незадовільні теплотехнічні характеристики, звукоізоляція і ін), в відсутності або незадовільному як елементи інженерного обладнання.

Оцінка технічного стану - встановлення ступеня пошкодження і категорії технічного стану будівельних конструкцій або будинків і споруд в цілому на основі зіставлення фактичних значень кількісно оцінюваних ознак зі значеннями цих же ознак, встановлених проектом або нормативним документом.

З якою метою проводиться:

– технічне обстеження будівель перед реконструкцією, капітальним ремонтом, купівлею, заставою;

– технічне обстеження і подальша фіксація технічного стану будівель, прилеглих до зони майбутньої забудови (реконструкції);

– експертиза несучої здатності - обстеження окремих конструкцій для визначення можливості їх подальшої експлуатації і несучої здатності.

Нормативний рівень технічного стану - категорія технічного стану, при якому кількісне та якісне значення параметрів всіх критеріїв оцінки технічного стану будівельних конструкцій будівель і споруд відповідають вимогам нормативних документів (СНиП, ТСН, ГОСТ, ТУ тощо).

Справний стан - категорія технічного стану будівельної конструкції або будівлі і споруди в цілому, що характеризується відсутністю дефектів і пошкоджень, що впливають на зниження несучої спроможності та експлуатаційної придатності.

Працездатний стан - категорія технічного стану, при якій деякі з чисельно оцінюваних контрольованих параметрів не відповідають вимогам проекту, норм і стандартів, але наявні порушення вимог, наприклад, по деформованості, а в залізобетоні і з тріщинозмістивістю, в даних конкретних умовах експлуатації не призводять до порушення працездатності, і несуча здатність конструкцій, з урахуванням впливу наявних дефектів і пошкоджень, забезпечується.

Обмежено працездатний стан - категорія технічного стану конструкцій, при якій є дефекти і пошкодження, що призвели до деякого зниження несучої здатності, але відсутня небезпека раптового руйнування і функціонування конструкції можливе при контролі її стану, тривалості та умов експлуатації.

Неприпустимий стан - категорія технічного стану будівельної конструкції або будівлі і споруди в цілому, що характеризується зниженням несучої здатності та експлуатаційних характеристик, при якому існує небезпека для перебування людей та збереження обладнання (необхідне проведення страхувальних заходів та посилення конструкцій).

Аварійний стан - категорія технічного стану будівельної конструкції або будівлі і споруди в цілому, що характеризується пошкодженнями і деформаціями, що свідчать про вичерпання несучої здатності і небезпеки обвалення (необхідне проведення термінових протиаварійних заходів).

Ступінь пошкодження - встановлена у відсотковому відношенні частка втрати проектної несучої здатності будівельної конструкцією.

Технічне обстеження будівель проводиться, зокрема, в наступних випадках:

- Оцінка фізичного зносу конструкцій і інженерних систем (наприклад, якщо планується поновлення незавершеного будівництва);

- Визначення стану конструкцій унаслідок їх затоки, пожежі і т.д.;

- Обстеження конструкцій на предмет подальшого перепланування будівлі, надбудови поверхів, поглиблення підвальної частини;

- При планованому капітальному ремонті будівлі;
 - При модернізації або реконструкції будівлі;
 - Для виявлення причин деформацій стін, перекриттів, колон;
 - При встановленні причин появи вогкості на стінах і промерзання.
- Технічне обстеження будівель та споруд проводиться у кілька етапів.

Перший етап - попереднє обстеження будівель і споруд.

Основним завданням попереднього обстеження є визначення загального стану будівельних конструкцій та виробничого середовища, визначення складу намічуваних робіт та збору вихідних даних, необхідних для складання технічного завдання на детальне інструментальне дослідження для встановлення вартості намічуваних робіт та укладання договору із замовником.

До складу робіт за попередньою обстеження входять:

- Загальний огляд будівлі;
- Збір загальних відомостей про будівлю (час будівництва, експлуатації);
- Загальна характеристика об'ємно-планувального і конструктивного рішень і систем інженерного обладнання;
- Виявлення особливостей технології виробництва для виробничих будівель з точки зору їх впливу на будівельні конструкції;
- Визначення фактичних параметрів мікроклімату або виробничого середовища, температурно-вологісного режиму приміщення, наявності агресивних до будівельних конструкцій технологічних виділень, збір відомостей про антикорозійних заходах;
- Гідрогеологічні умови ділянки і загальні характеристики ґрунтів основ;
- Ознайомлення з архівними матеріалами вишукувань;
- Вивчення матеріалів, які проводилися раніше на даному об'єкті обстежень виробничого середовища та стану будівельних конструкцій.

На стадії попереднього візуального обстеження встановлюються за зовнішніми ознаками категорії технічного стану конструкцій в залежності від наявних дефектів і пошкоджень.

Другий етап - детальне інструментальне обстеження будівель і споруд.

Детальне обстеження включає:

- Візуальне обстеження конструкцій (з фотофіксацією видимих дефектів);
- Обмірні роботи - визначаються конфігурація, розміри, положення в плані і по вертикалі конструкцій та їх елементів;
- Інструментальні обстеження:
- Вимірювання прогинів і деформацій;
- Визначення характеристик матеріалу несучих конструкцій;
- Осідання фундаментів і деформації ґрунтів основ.

Третій етап - визначення фізико-технічних характеристик матеріалів обстежуваних конструкцій в лабораторних умовах.

Четвертий етап - узагальнення результатів досліджень.

За результатами обстеження складаються:

- Технічний звіт, що містить результат обстеження (плани, розрізи будівлі з геологічними профілями, конструктивні особливості будівлі, фундаментів, їх геометрія;
- Схеми розташування реперів і марок; опис прийнятої системи вимірювань; фотографії, графіки і епюри горизонтальних і вертикальних переміщень, кренів, розвитку тріщин, перелік факторів, що сприяють виникненню деформацій;
- Оцінка міцнісних та деформаційних характеристик ґрунтів основ і матеріалу конструкцій);
- Технічний висновок про категорію технічного стану будівлі з оцінками можливості сприйняття їм додаткових деформацій або інших впливів, зумовлених новим будівництвом або реконструкцією, а в разі необхідності - перелік заходів для підсилення конструкцій і зміцнення ґрунтів основ.

1.2. Загальні правила проектування, підсилення та ремонту конструкцій

Проектування підсилення залізобетонних і кам'яних конструкцій полягає в наступному:

- а) Визначення величин діючих або передбачуваних навантажень;
- б) Визначення залишкової несучої здатності конструкцій з урахуванням фактичних характеристик міцності і розрахункових схем;
- в) Обчислення відсутньої частки несучої здатності;
- г) Аналіз можливих конструктивних рішень і вибір найбільш підходящого за наступними критеріями:
 - Забезпечення очікуваного ефекту протягом заданого періоду;
 - Можливість реалізації;
 - Відсутність впливу або мінімальне втручання в технологію будівлі або споруди;
 - Мінімальна матеріаломісткість і т.п.;
 - Розрахунок і конструювання елементів підсилення;
 - Оформлення проектної документації.

1.3. Вихідні дані для проектування

В якості вихідних даних для вибору варіанту посилення і проектування розглядаються:

- Величини і схеми прикладання навантажень - фактичні і заплановані - для оцінки змін величин зусиль;

- Фактичні характеристики конструкції - геометричні параметри, міцність бетону або кладки, площа перетину і клас робочої арматури - для оцінки залишкової несучої здатності;
- Наявність агресивних факторів середовища, що відіб'ється на виборі матеріалу посилення або ступеня антикорозійного захисту;
- Вплив можливих варіантів на основну технологію будівлі або споруди
- оцінка можливості зменшення прольотів або висот, встановлення стійок, порталів, обойм, підвісів і т.п.;
- Характеристики матеріалів і виробів, вживаних для посилення.

1.4. Рекомендовані класи арматури і матеріали

Метал. Для виготовлення сталевих елементів конструкцій підсилення застосовуються стандартні прокатні профілі (лист, кутник, швелер, двотавр, труба, круглий і квадратний стрижні) і арматурна сталь класів АІ-АІІ. Для посилень, які виконуються на зварних з'єднаннях або включаються в роботу шляхом нагрівання не застосовуються термічно зміцнені сталі. Для зварних з'єднань необхідно використовувати сумісні з металом елементи посилення марки електродів.

Для розчинних сорочок застосовуються сталеві сітки - штукатурні «павутинка» і просічно-витяжні з чорного і оцинкованого металу.

Розчин. Цементно-піщані розчини, застосовувані для вирівнювання опорних поверхонь, щільної установки сталевих деталей підсилення, створення захисного антикорозійного шару, рекомендується готувати з кварцового або річкового промитого піску, безусадочного або напружуваного цементу НЦ, чистої води і пластифікаторів, що дозволяють гранично знизити водо-цементне відношення.

Рекомендовані марки розчину за міцністю для штукатурних захисних покриттів - не нижче М25, для ін'єктування і зачеканення тріщин, зазорів, щілин - М50-М100, для установки сталевих опорних деталей на кладку або бетон - М100-М150.

Бетон. Застосовувані при відновленні чи підсиленні будівельних конструкцій бетони можуть істотно відрізнитися властивостями в залежності від конкретних умов використання. Як правило, це дрібнозернисті важкі бетони класів В20-В30 на портландцементі М400-М500 з пластифікаторами. Для бетонування об'ємних конструкцій можуть застосовуватися бетони з крупним заповнювачем.

Полімермісткі склади. У сучасній практиці будівництва та ремонту все більше місце займають спеціальні суміші, що володіють заданим набором властивостей. Найбільш важливими у виробництві ремонтних робіт і посиленні є: адгезія, міцність на стиск і розтяг, клас по водонепроникності, хімічна стійкість, швидкість схоплювання і набору експлуатаційних характеристик і т.п. У кожному конкретному випадку потрібен матеріал, що володіє тим чи іншим поєднанням перерахованих і інших властивостей.

Існують декілька серій матеріалів, створених спеціально для виконання ремонтних і антикорозійних робіт: «Бірсс», «Емако», «Глімс» і т.д.

Фарби, лаки. Лакофарбові матеріали та область їх застосування розглянуті в СНиП 2.03.11-85. Захист будівельних конструкцій від корозії.

1.5. Конструктивні вимоги

1. Антикорозійний захист металу розчином або лакофарбовим матеріалом

2. Сталеві елементи посилення необхідно встановлювати на підсилюванні конструкції з влаштуванням контактного розчинного шва. Використовувати цементно-піщаний розчин М100-М150.

3. Величини напружень в елементах підсилення - затягуваннях, шпильках, хомутах слід призначати згідно з діаграмою « $\sigma - \epsilon$ » в межах ділянки пружних деформацій. Перевищення величин σ_T в довгостроковій перспективі призведе до релаксації і зниження напружень.

4. Використовувані при посиленні будівельних конструкцій матеріали повинні застосовуватися суворо у відповідності з інструкціями виробника. Відступу від запропонованих технологій призводять до відсутності необхідного ефекту від посилення або відновлення конструкції.

5. Вибір найбільш надійних варіантів посилення. При проектуванні підсилення слід розглядати кілька варіантів з визначальним критерієм - надійність.

6. Для включення елементів підсилення в роботу застосовувати методи з більшим ступенем точності отримання потрібного ефекту. Наприклад, натяг хомутів обойми можна виконувати термічним способом, попарним стяганням, різьбовими з'єднаннями. Найбільш простим варіантом є термічний спосіб, але й найменш точним. Методи стягання і натягу різьбленням забезпечують найбільш точний результат.

7. Бетон нарощування або обойм слід приймати більшої міцності, ніж матеріал, що підсилюється.

8. Робочі поверхні підсинюваних конструкцій слід підготувати: очистити від пилу, знежирити, насікти, нанести ґрунтовку та адгезійну обмазку.

9. Передача навантажень на підсилюючі і попередньо розвантажені конструкції проводиться після набору бетоном підсилення або розчином контактних швів проектної міцності.

Питання для самоперевірки

1. Що таке реконструкція? Дайте визначення поняттям поточний ремонт, капітальний ремонт?

2. Що таке життєвий цикл споруд? Проаналізуйте його головні етапи: проектування, будівництво, капітальний ремонт, реконструкція, ліквідування.
3. Які заходи в себе включає технічна експлуатація споруд?
4. Від яких параметрів залежить ефективність технічної експлуатації споруд?
5. Що таке надійність і якими основними властивостями вона характеризується?
6. Дайте визначення таким поняттям: безвідмовність, відмова, ремонтпридатність, збереженість, довговічність, і граничний стан.
7. Які експлуатаційні якості будівель і споруд ви знаєте? Проаналізуйте їх.
8. Проаналізуйте нормативний термін служби в залежності від довговічності конструкцій і капітальності будівель і споруд.
9. Які класи по капітальності будівель і споруд ви знаєте?
10. Які ступені довговічності конструкцій ви знаєте?
11. Наведіть орієнтовне значення встановленого терміну експлуатації будівель і споруд в залежності від призначення.
12. Що таке фізичний знос, як він визначається?
13. Дайте оцінку зносу елементів будинку в залежності від фізичного зносу.
14. З якою метою проводиться оцінка технічного стану?
15. Наведіть аналіз категорій технічного стану.
16. В яких випадках необхідно проводити технічне обстеження будівель і споруд?
17. Проаналізуйте етапи проведення технічного обстеження будівель і споруд.
18. До яких загальних правил проектування необхідно дотримуватись при підсиленні та ремонту конструкцій?
19. Які необхідні вихідні дані для проектування підсилення конструкцій?
20. Яким вимогам необхідно дотримуватись при виборі матеріалів підсилення конструкцій?
21. Проаналізуйте конструктивні вимоги при підсиленні несучих конструкцій.

2. ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО РИГЕЛЯ ПРУЖНОЮ ОПОРОЮ

Підсилення залізобетонних конструкцій є більш трудомістким на відміну металевих конструкцій. Це пов'язано з тим, що залізобетон являє собою композитний матеріал у якому сталева арматура працює сумісно з бетоном. У більшості випадків організації, які експлуатують об'єкт, не мають проектної документації і тому положення робочої арматури і її кількість приходить визначати додатково. Можна виділити два основні способи підсилення або відновлення несучої здатності залізобетонних балочних конструкцій: - підсилення без зміни початкової конструктивної схеми; - підсилення з її зміною.

Перший спосіб полягає в збільшенні поперечного перерізу підсилюваного елемента, що досягається установкою хомутів або улаштуванням спеціальних сорочок, обойм, накладок, нарощувань з додаванням арматури, розширенням опор. Це призводить до зменшення прольоту, а, отже, до зміни розрахункової схеми. Але також пов'язано з підвищенням ваги конструкції.



Рис. 2.1. Загальний вигляд каркаса будівлі

Другий спосіб полягає в установці додаткових горизонтальних або шпренгельних затяжок попереднім натягом або комбінованих затягувань, що змінює розрахункову схему конструкції, та незначно збільшує її вагу. У створенні попереднього напруження по нижньому поясу балок при підсиленні особливо мають потребу монолітні конструкції, не заводського виготовлення. Збірні залізобетонні елементи і монолітні, тобто виготовлені

безпосередньо на будівельному майданчику, не можна прирівнювати за несучою здатністю, оскільки у збірних конструкціях попереднє напруження по нижньому розтягнутому поясу створюється в нормальних заводських умовах з гарантією якості.



Рис. 2.2. Підсилення залізобетонних конструкцій

2.1. Вихідні дані для проектування

Прийнято розрахункову схему рис. 2.1. а, б., до та після підсилення відповідно із існуючим навантаженням $q_1 = 26 \text{ кН/м}$ та навантаженням після підсилення $q_2 = 32 \text{ кН/м}$.

Клас бетону В20, армування робочою арматурою $4\phi 16 \text{ A400}$ і монтажною арматурою $2\phi 10 \text{ A240}$ (рис. 2.2).

Розрахунковий проліт ригеля становить $L_0 = 8 \text{ м}$, розміри поперечного перерізу $b = 30 \text{ см}$; $h = 60 \text{ см}$;

Прийняті матеріали і їхні характеристики визначаються з таблиць у Додатку 1 та 2:

Бетон В20: $R_b = 11.5 \text{ МПа}$, $E_b = 27000 \text{ МПа}$, $\gamma_{b2} = 0.9$;

Арматура А400: $R_s = 375 \text{ МПа}$, $E_s = 200000 \text{ МПа}$

Арматура А240: $R_s = 225 \text{ МПа}$.

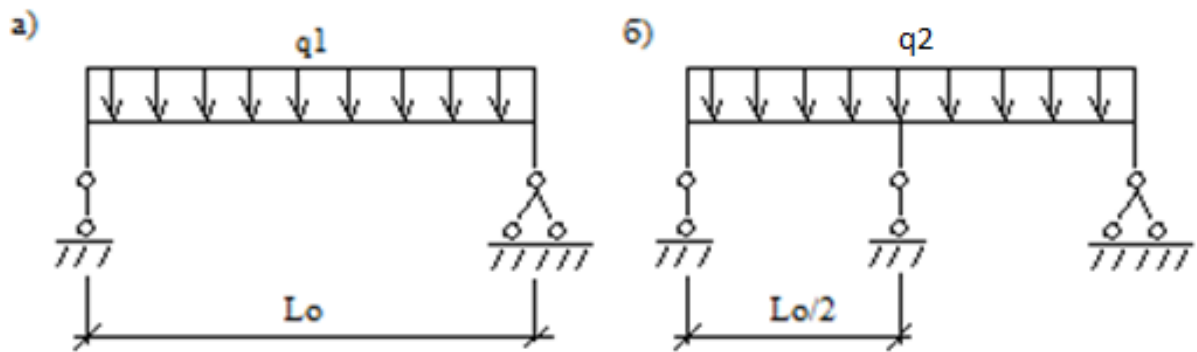


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема: а- до збільшення навантаження; б- після збільшення навантаження.

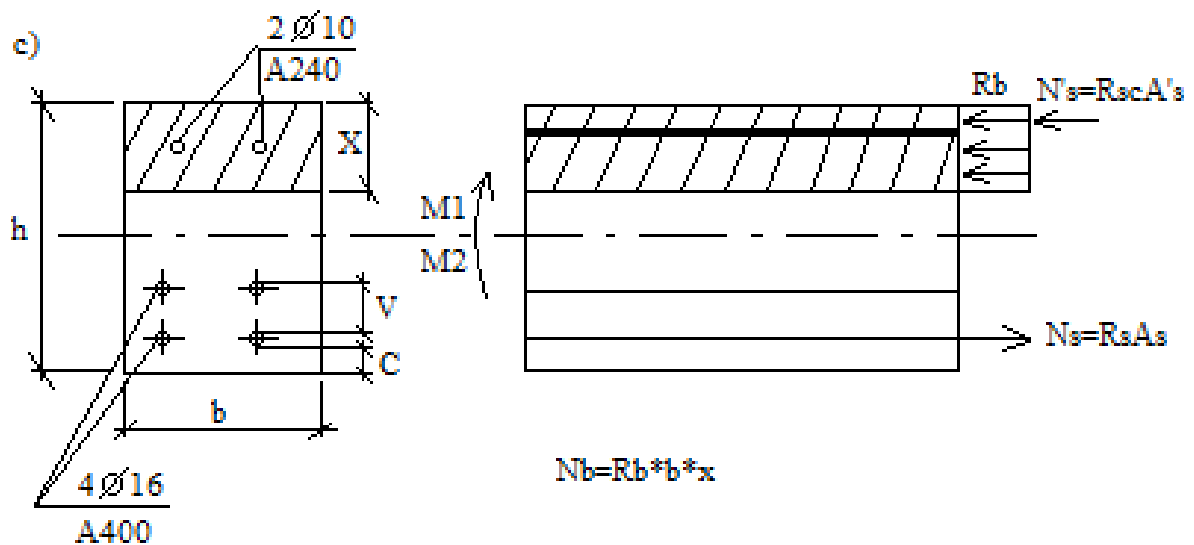


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема залізобетонного ригеля

2.2. Алгоритм розрахунку

Згинальні моменти до та після підсилення становлять

$$M_1 = \frac{q_1 \cdot L_0^2}{8} = \frac{26 \cdot 8^2}{8} = 208 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_2 = \frac{q_2 \cdot L_0^2}{8} = \frac{32 \cdot 8^2}{8} = 256 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

M_1 - згинальний момент у середині прольоту балки від існуючого навантаження;

M_2 - від навантаження після підсилення;

q_1 – існуюче навантаження (за завданням);

q_2 – навантаження після підсилення (за завданням);

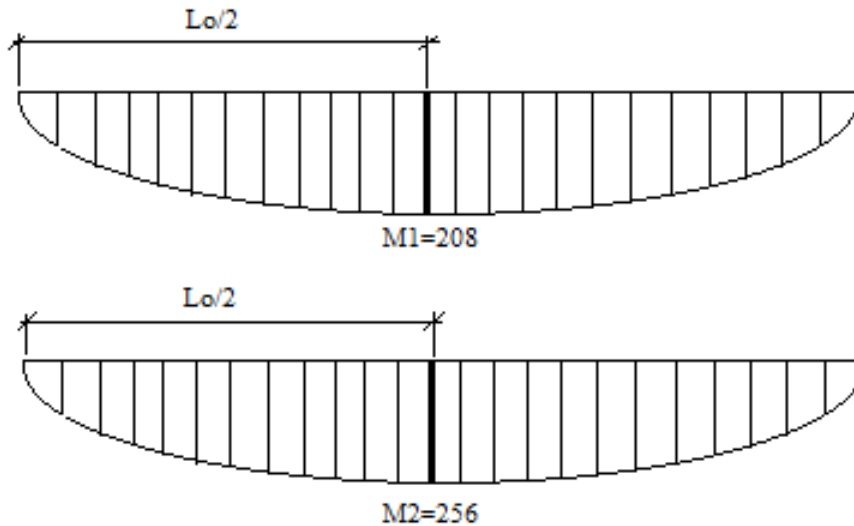


Рисунок 2.5 - Епюри згинальних моментів

З умови рівноваги висота стиснутої зони бетону

$$x = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot \gamma_{b2} \cdot b} = \frac{375 \cdot 804}{11.5 \cdot 0.9 \cdot 300} = 97.1 \text{ мм}$$

R_s – розрахунковий опір поздовжньої арматури розтягання;

A_s – площа поздовжньої арматури (знаходиться в таблиці Додаток 2);

R_b – розрахунковий опір бетону на стиск;

γ_{b2} - коефіцієнт умови роботи бетону по СНиП 2.03.01-84*;

b – ширина розрахункового перерізу.

Відносна висота стиснутої зони, виходячи з умов рівноваги

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{97,1}{522} = 0,1759$$

$$h_0 = h - a = 600 - 48 = 552 \text{ мм}$$

$$a = c + 0,5(d + v) = 20 + 0,5(16 + 40) = 48_{\text{мм}}$$

$$v = 2 \cdot d + 8 = 2 \cdot 16 + 8 = 40 \text{ мм}$$

$$c = \left\{ \begin{array}{l} \geq 20 \text{ мм} \\ \geq d \end{array} \right\}$$

h_0 – робоча висота перерізу;

a - відстань від рівнодійної зусиль в арматурі до найближчої грані перерізу;

c - захисний шар бетону;

v - відстань між осями арматури.

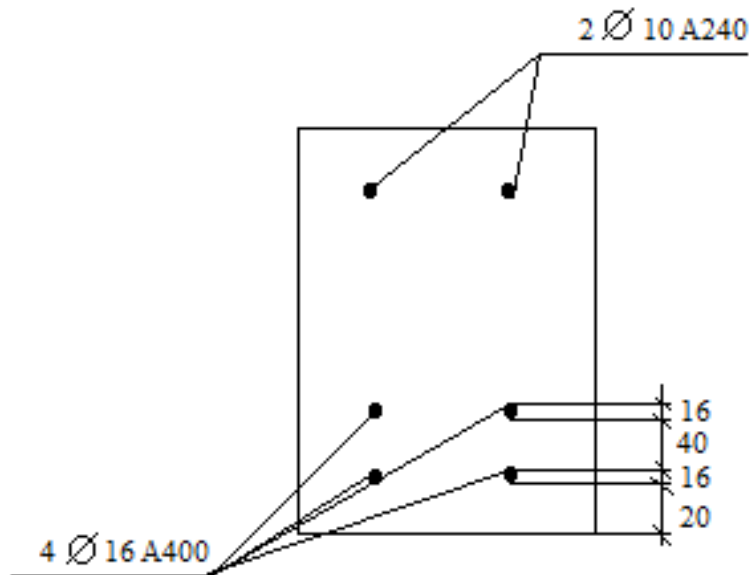


Рисунок 2.6 – Армування з/б балки

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot \gamma_{b2} \cdot R_b = 0.85 - 0.008 \cdot 0.9 \cdot 11.5 = 0.7672$$

$\alpha = 0.85$ - для важкого бетону;

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{scu}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1.1}\right)} = \frac{0.7672}{1 + \frac{375}{500} \cdot \left(1 - \frac{0.7672}{1.1}\right)} = 0.625$$

$\sigma_{sr} = R_s = 375$ МПа - для звичайної арматури;

$\sigma_{sr} = R_s - \sigma_{sp}$; МПа - для поперечної арматури;

$\sigma_{scu} = 500$ МПа - для звичайних конструкцій.

Перевірка несучої здатності балки за нормальними перерізами

Якщо $\xi \leq \xi_R$, то $M_u = R_s \cdot A_s (h_0 - 0.5x)$

Якщо $\xi > \xi_R$, то $M_u = R_s \cdot A_s (h_0 - 0.5\xi_R h_0)$

Умова виконується: $\xi < \xi_R$; $\xi = 0.1779 < \xi_R = 0.625$

$$M_u = R_s \cdot A_s (h_0 - 0.5x) = 375 \cdot 10^3 \cdot 8.04 \cdot 10^{-4} \cdot (0.552 - 0.5 \cdot 97.1 \cdot 10^{-3}) = 151.65 \text{ кНм}$$

$M_2 = 256 \text{ кНм} > M_u = 151.65 \text{ кНм}$ - звідси слідує, що необхідне підсилення конструкції. Як елемент підсилення приймаємо пружну опору.

Спочатку визначимо M_r у середині прольоту в результаті підведення пружної опори

$$M_r = M_2 - M_u = 256 - 151.65 = 104.35 \text{ кНм}$$

Визначення P в середині прольоту в результаті підведення пружної опори

$$P = \frac{4M_r}{L_0} = \frac{4 \cdot 104.35}{8} = 52.175 \text{ кН}$$

Будемо виходити з припущення, що вісь центра ваги проходить по середині висоти перерізу балки. Отже, момент інерції площі поперечного перерізу визначається по формулі:

$$I = \frac{bh^3}{12} + \frac{E_s}{E_b} \cdot A_s \cdot \left(\frac{h}{2} - a\right)^2 = \frac{30 \cdot 60^3}{12} + \frac{200 \cdot 10^3}{27 \cdot 10^3} \cdot 8,04 \cdot \left(\frac{60}{2} - 4,8\right)^2 = 577782 \text{ см}^2$$

Прогин балки у розтягнутій зоні розраховується за I стадією напружено-деформованого стану (на утворення тріщин) за формулою:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_2 L_0^4}{B_{red}} - \frac{1}{48} \cdot \frac{P L_0^3}{B_{red}} =$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{0,32 \cdot 800^4}{13260096900} - \frac{1}{48} \cdot \frac{52,175 \cdot 800^3}{13260096900} = 0,0867364199 \text{ см}$$

де B_{red} жорсткість приведенного перерізу балки, яка визначається за формулою

$$B_{red} = 0,85 \cdot E_b I = 0,85 \cdot 27000 \cdot 577782 = 13260096900 \text{ МПа} \cdot \text{см}^4$$

де E_b – початковий модуль пружності при стиску і розтяганні.

2.3. Підбір перерізу балки пружної опори

Для підбору перерізу балки пружної опори визначимо необхідну жорсткість посиленого елемента:

$$B = \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L_0^3}{f} = \frac{1}{48} \cdot \frac{52.175 \cdot 800^3}{0.0867364199} = 6416374268.13 \text{ МПа} \cdot \text{см}^4$$

Виходячи з формули для визначення прогинів $f = \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L_0^3}{E \cdot I_x}$, знаходимо момент інерції для необхідного перерізу балки I_x :

$$I_x = \frac{B}{E_s} = \frac{6416374268.13}{200000} = 32081.9 \text{ см}^4$$

За отриманим значенням I_x приймаємо І 50 з $I_x = 39290 \text{ см}^4$, характеристики якого наведені у таблиці 2.1.

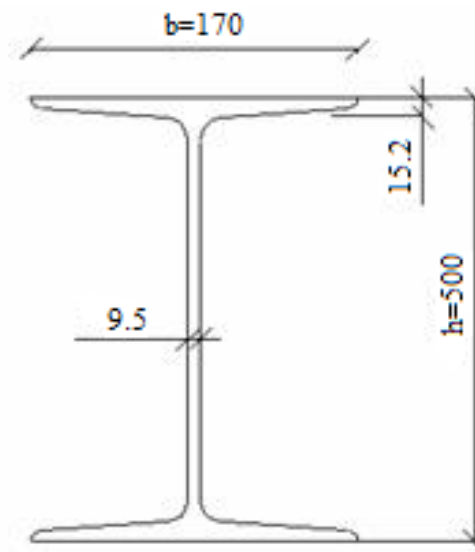


Рисунок 2.7 – Переріз пружної опори (Додаток 5)

Таблиця 2.1. Характеристики перерізу пружної опори

Номер двотавра	Розміри						Площа поперечного перерізу, см ²	Вага 1 м, кг
	h	b	s	t	R	r		
					Не більше			
мм								
50	500	170	10,0	15,2	17,0	7,0	100,0	78,50

2.4. Вихідні дані для підсилення залізобетонного ригеля пружною опорою

№ вар	Існуюче навантаження, q_1 (кН/м)	Навантаження після підсилення, q_2 (кН/м)	Клас бетону В	Робоча арматура	Монтажна арматура	Розрахунковий проліт, L_0 (м)	Розмір поперечного перерізу см	
							b	h
1	20.0	30.0	B20	4Ø16 A300	2Ø10A240	6.0	25	40
2	25.0	35.0	B25	6Ø16 A300	2Ø10A240	7.0	30	40
3	30.0	37.0	B25	4Ø18 A300	2Ø10A240	8.0	35	40
4	35.0	47.0	B30	4Ø20 A400	2Ø10A240	9.0	40	50
5	40.0	55.0	B30	6Ø20 A400	2Ø10A240	10.0	40	60
6	15.0	20.0	B15	4Ø14 A300	2Ø10A240	5.0	25	40
7	45.0	40.0	B20	6Ø18 A300	2Ø10A240	7.0	30	60
8	50.0	58.0	B25	4Ø22 A400	2Ø10A240	8.0	35	60
9	55.0	63.0	B20	6Ø22 A400	2Ø10A240	9.0	40	50
10	60.0	75.0	B30	4Ø24 A400	2Ø10A240	10.0	40	60
11	65.0	78.0	B35	4Ø24 A300	2Ø10A240	11.0	45	50
12	70.0	77.0	B20	6Ø24 A400	2Ø10A240	12.0	45	60
13	75.0	86.0	B25	4Ø25 A400	2Ø10A240	8.0	50	50
14	80.0	93.0	B20	4Ø25 A500	2Ø10A240	7.0	55	60
15	80.0	97.0	B30	6Ø25 A500	2Ø10A240	6.0	60	60
16	25.0	37.0	B20	4Ø16 A300	2Ø10A240	7.0	25	40
17	20.0	28.0	B20	4Ø16 A300	2Ø10A240	6.0	30	45
18	30.0	37.0	B25	6Ø16 A300	2Ø10A240	8.0	30	55
19	35.0	42.0	B25	4Ø18 A400	2Ø10A240	9.0	30	50
20	40.0	49.0	B25	4Ø20 A400	2Ø10A240	10.0	35	50
21	45.0	54.0	B30	4Ø20 A400	2Ø10A240	11.0	35	55
22	50.0	59.0	B30	4Ø22 A400	2Ø10A240	12.0	40	50
23	55.0	64.0	B30	4Ø24 A500	2Ø10A240	6.0	45	50
24	60.0	71.0	B35	4Ø25 A500	2Ø10A240	7.0	40	60
25	70.0	82.0	B35	4Ø28 A500	2Ø10A240	10.0	45	60

Питання для самоперевірки

1. Проаналізуйте основні способи підсилення або відновлення несучої здатності залізобетонних балочних конструкцій.
2. Що собою являє розрахункова схема і які необхідні дані на ній повинні бути зображені?
3. Якими параметрами характеризується арматура?
4. Якими параметрами характеризується бетон?
5. Які класи арматури ви знаєте?
6. Які існують класи бетону? Що вони характеризують?
7. Наведіть алгоритм розрахунку підсилення залізобетонного ригеля пружною опорою.
8. Як перевіряється несуча здатність балки?
9. Що таке висота стиснутої зони і як вона визначається?
10. Проаналізуйте коефіцієнт умов роботи в залежності від конструкцій.
11. Який сортамент можна використовувати в якості пружної опори?
12. Які параметри впливають на вибір перерізу балки пружної опори?
13. Які характеристики поперечного перерізу елемента впливають на його прогин?
14. Які моменти виникають в залізобетонних вигнутих конструкціях? Як вони визначаються?
15. Проаналізуйте поняття «захисний шар бетону», «робоча висота перерізу».

3. ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОЛОНИ МЕТАЛЕВОЮ ОБОЙМОЮ

Залізобетонні колони підсилюються шляхом установлення обойм. Обойми можуть бути металевими та залізобетонними (рис.3.1).

Ці обойми підсилюють існуючу конструкцію, сприймаючи стискаюче навантаження як безпосередньо, так і стримуючи поперечні деформації. Непряме армування, наприклад спіральною арматурою, призводить лише до зменшення поперечних деформацій бетону. Такі конструкції обойм через малу жорсткість на стиск не можуть безпосередньо сприймати поздовжні сили. Якщо металеві обойми охоплюють весь переріз конструкції, то залізобетонні можуть улаштуватися як з усіх чотирьох, так і з трьох, двох чи навіть однієї сторони перерізу колони. Зчеплення старого бетону з новим забезпечується при цьому виконанням певних технологічних вимог, а саме: виконання насічки на поверхні бетону; очищення поверхні від зруйнованого матеріалу, сміття; зволоження поверхні бетону за 1-1,5 години до початку бетонування (калюж на поверхні бетону бути не повинно); ретельне укладання та вібрування бетонної суміші; догляд за бетоном у період набирання ним міцності (зволоження для попередження виникнення усадкових тріщин, недопущення заморожування матеріалу в період твердіння).



Рис. 3.1. Загальний вигляд металевої обойми

При підсиленні колон «залізобетонними сорочками» навантаження на бетон та арматуру обойми передається за рахунок зчеплення нового бетону зі старим. Для включення в роботу сталевих обойм їх виготовляють попередньо напруженими. Попереднє напруження в поздовжніх кутиках обойми досягається тим, що попередньо заготовлені елементи розпірок (два кутики з привареними до них поперечними планками) виготовляють непрямолінійними (величина перелому при цьому визначається розрахунком). Ці елементи закріплюються жорстко, як правило, шляхом приварювання в опорних вузлах, а потім за допомогою натяжних монтажних болтів стягуються до прямолінійної форми, при цьому попередньо напружуються і включаються в роботу зі сприймання зовнішнього поздовжнього зусилля. В такому попередньо напруженому стані доварюються всі поперечні планки.

Кам'яні стовпи підсилюються шляхом узяття їх в обойми. Найбільш розповсюдженими є сталева, залізобетонна та армоштукатурна обойми. В перших двох випадках підсилення кам'яної конструкції відбувається як за рахунок безпосереднього приймання поздовжньої стискаючої сили елементами обойми (металевими кутиками в сталевій обоймі чи «залізобетонною сорочкою» (бетоном та поздовжньою арматурою) — в залізобетонній), так і непрямым шляхом — за рахунок стримування поперечних деформацій кам'яної кладки, так званий ефект обойми.

Підсилення кам'яних стовпів обоймою із цегляної кладки повинне виконуватись із ретельним зачеканюванням пустоти між кладкою й обоймою цементним розчином та обов'язково армуватись поперечними замкнутими арматурними хомутами, які встановлюються в кожний розчинний шов по висоті обойми. Такі обойми і їх робота є ще малодослідженими, тому відсутні рекомендації щодо розрахунку їх міцності.

Підсилення обоймами у випадку, коли ексцентриситет відносно великий неефективне і тому не використовується.

3.1. Вихідні дані для проектування

Центрально стиснута колона висотою колони $L_0 = 5800$ мм з поперечним перерізом колони $b=400$ мм; $h= 600$ мм сприймає поздовжню силу $N_1 = 425$ кН

Після реконструкції будинку на неї буде передаватись зусилля $N_2 = 875$ кН

Підсилення виконуємо шляхом узяття колони в обойму з металевих кутиків із попереднім їх напруженням для негайного включення в роботу.

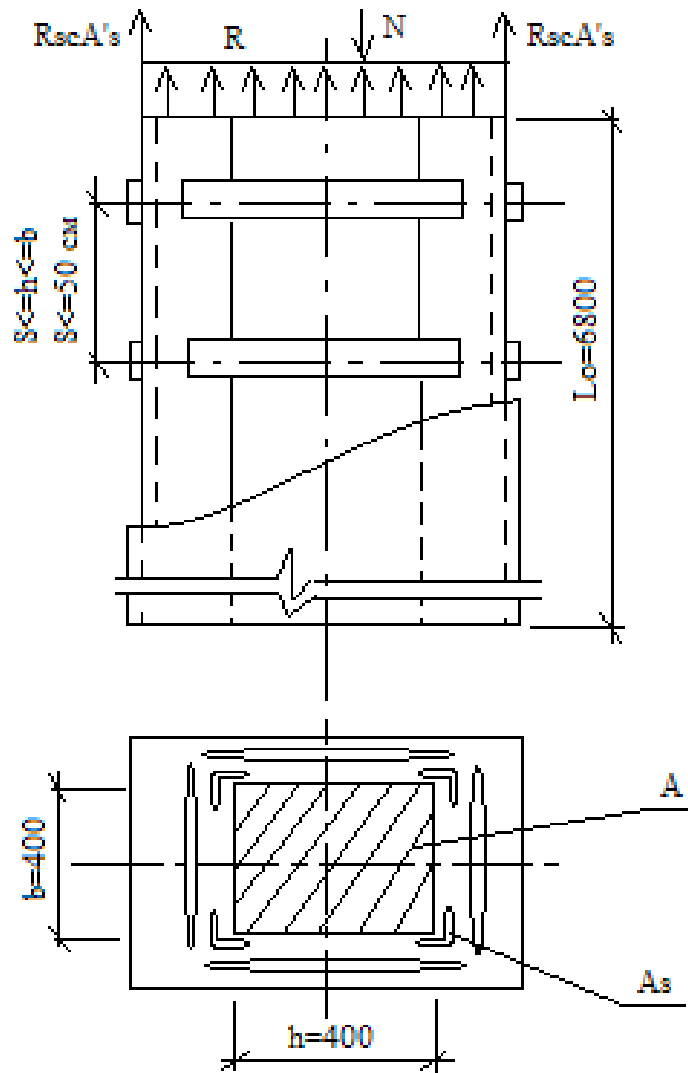


Рисунок 3.1- Розрахункова схема

3.2. Алгоритм розрахунку

Визначаємо поздовжню силу, що передається на кутики підсилення:

$$N_s = N_2 - N_1 = 875 - 425 = 450 \text{ кН}$$

Необхідна площа поперечного перерізу кутиків

$$A_s = \frac{N_s}{\varphi \cdot \gamma_s \cdot R_y}$$

де φ - коефіцієнт, що враховує вплив поздовжнього згину; γ_s - коефіцієнт умов роботи кутиків підсилення (ДБН В 2.6 - 163:2010 «Додаток 6, 7, 8»); R_y - розрахунковий опір сталі кутиків.

Для підсилення приймаємо кутики із сталі С235 із розрахунковим опором $R_y = 235 \text{ МПа}$ (ДСТУ 8539:2015)

$$\gamma_s = 0.9; \varphi = 0.427; \lambda = 120$$

При цьому

$$A_s = \frac{N_s}{\varphi \cdot \gamma_s \cdot R_y} = \frac{450}{0.427 \cdot 0.9 \cdot 235 \cdot 10^3} = 49.828 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 49,828 \text{ см}^2$$

Приймаємо: 4 кутика 10×10 за ГОСТ 8509-72 $A_s = 51.28 \text{ см}^2$, характеристики яких наведено у таблиці 3.1.

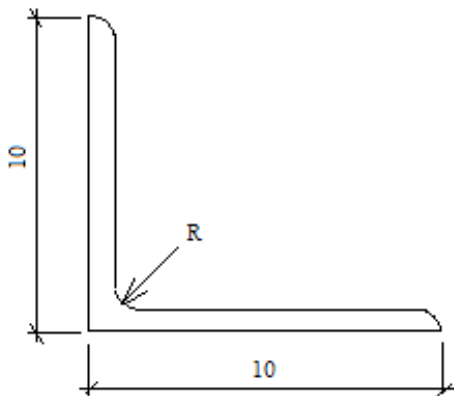


Рисунок 3.2 - Зображення кутика

Попереднє напруження:

$$\sigma_{sp} = 0.7 R_y = 0.7 \cdot 235 = 164.5 \text{ МПа}.$$

Визначаємо похил кутиків-розпірок до їх стягування (після заварювання опорних частин елементів підсилення):

$$i = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{sp}}{E_s} + 1\right)^2} - 1 = \sqrt{\left(\frac{164.5}{2.06 \cdot 10^5} + 1\right)^2} - 1 = 0.03997$$

E_s - модуль пружності для сталі

$$E_s = 2,06 \cdot 10^5$$

Відстань від елемента, що підсилюється, до розпірки в місці перегину при довжині кутика підсилення $L = L_0 - 60 = 6800 - 60 = 6740 \text{ мм}$, тут приймається довжина кутика підсилення з вирахуванням 6 см, які необхідні для зварювання опорних частин елементів підсилення.

$$c = i \cdot 0.5 \cdot L = 0.03997 \cdot 0.05 \cdot 6.74 = 0.0134665 \text{ м} = 1,35 \text{ см}$$

Відстань між поперечними штрабами приймаємо із розрахунку, маючи на увазі, що найбільша гнучкість гілок між точками їх закріплення не повинна перевищувати $S = 40 \cdot 2c = 40 \cdot 2.7 = 108 \text{ см}$, тобто

$$\text{За конструктивними вимогами } S \leq b ; S \leq 50 \text{ см} ;$$

$$\text{За конструктивними вимогами приймаємо } b = 400 \text{ мм} = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м} ;$$

Поперечний переріз штаб приймаємо з умови:

$$W = \frac{M_1}{R_y} \leq W_p = \frac{t_p \cdot d_p}{6}$$

$$\text{Де } M_1 = \frac{Q_s \cdot S}{2} = \frac{10.256 \cdot 0.4}{2} = 2.0512 \text{ кНм}$$

$$\text{При цьому } Q_s = 0.2 \cdot A_s = 0.2 \cdot 51.28 = 10.256 \text{ кН}$$

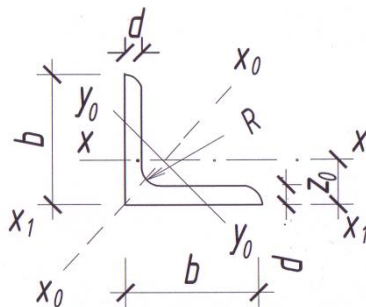
$$W = \frac{2.0512}{235 \cdot 10^3} = 8.7285 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

Задаємося товщиною штаби $t_p = 0.006 \text{ м}$. При цьому

$$d_p = \sqrt{\frac{6W}{t_p}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 8.7285 \cdot 10^{-6}}{0.006}} = 0.09345 \text{ м}$$

Приймаємо штабу зі сталі С235 поперечним перерізом $95 \times 6 \text{ мм}$ (Додаток 9).

Таблиця 3.1. Характеристики елементів металевої обойми



Позначення:

- b - ширина полиці
- d - момент полиці
- J - момент інерції
- r - радіус інерції

Розміри кутків, мм		R, мм	Площа перерізу $A_y, \text{ м}^2$	Вага 1 пог.м, кг
b	d			
100	6,5	12	12,8	10,1

3.3. Вихідні дані підсилення залізобетонної колони металевою обіймою

№ вар	Існуюче навантаження, N_1 (кН)	Навантаження після підсилення, N_2 (кН)	Клас бетону В	Висота колони, L_0 (мм)	Розмір поперечного перерізу мм	
					b	h
1	400	800	B20	6200	250	400
2	420	780	B25	7200	300	400
3	440	850	B25	8800	350	400
4	460	780	B30	9200	400	500
5	480	880	B30	10800	400	600
6	500	900	B15	5800	250	400
7	520	930	B20	6400	300	600
8	540	910	B25	8000	350	600
9	560	950	B20	9400	400	500
10	580	1000	B30	10200	400	600
11	600	1020	B35	11200	450	500
12	620	980	B20	12200	450	600
13	410	850	B25	8600	500	500
14	430	830	B20	7800	550	600
15	450	910	B30	6400	600	600
16	470	950	B20	7600	250	400
17	490	1010	B20	6600	300	450
18	510	1050	B25	8800	300	550
19	530	1070	B25	9400	300	500
20	550	1090	B25	10600	350	500
21	570	1100	B30	11400	350	550
22	590	1130	B30	12600	400	500
23	610	1150	B30	6400	450	500
24	630	1200	B35	7400	400	600
25	650	1300	B35	10600	450	600

Питання для самоперевірки

1. Проаналізуйте основні способи підсилення або відновлення несучої здатності стиснутих конструкцій.
2. Що собою являє розрахункова схема підсилення стиснутих конструкцій і які необхідні дані на ній повинні бути зображені?
3. Розкрийте фізичну суть роботи стиснутих конструкцій.
4. Наведіть відмінності підсилення залізобетонних та кам'яних конструкцій.
5. Чим відрізняється робота центрально-стиснутої конструкції від позацентрово-стиснутої?
6. Як визначається додаткова сила, яка діє на елементи підсилення?
7. Наведіть алгоритм розрахунку підсилення стиснутого елемента.
8. Як перевіряється несуча здатність колони?
9. Який параметр характеризує вплив поздовжнього вигину?
10. Проаналізуйте коефіцієнт умов роботи в залежності від конструкцій.
11. Який сортамент можна використовувати в якості обойми?
12. Які параметри впливають на вибір перерізу елементів обойми?
13. Який параметр характеризує включення елементів підсилення в спільну роботу з конструкцією?
14. Проаналізуйте вимоги до конструювання штраб?

4. ПІДСИЛЕННЯ РИГЕЛЯ ШПРЕНГЕЛЬНОЮ СТЯЖКОЮ

Для підсилення ригеля в окремих випадках можна використовувати шпренгельні балки. Така балка складається з проектного двотавра, в нижньому рівні якого влаштовують шпренгельну стяжку з арматурної сталі. Для ефективного введення в роботу балки підсилення напруження шпренгельної стяжки доцільно виконувати після монтажу шпренгельної балки підсилення. При цьому введення в роботу шпренгельної балки підсилення паралельно можна забезпечувати використанням підсилювальних елементів між основною конструкцією та елементами підсилення.

Принцип роботи шпренгеля – зворотний згинальний момент, коли стрижні шпренгеля працюють як додаткова попередньо напружена арматура.



Рис.4.1. Загальний вигляд підсилення ригеля

4.1. Дані для проектування

На залізобетонну балку з розрахунковим прольотом $L_{пр} = 8$ м та розмірами поперечного перерізу $b = 30$ см; $h = 60$ см діє існуюче навантаження: $q_1 = 26$ кН/м, навантаження після підсилення балки становитиме $q_2 = 32$ кН/м.

Клас бетону В20, робоча арматура $4 \varnothing 16$ А400, монтажна арматура $2 \varnothing 10$ А240. Розрахункова схема наведена на рис. 4.1.

Прийняті матеріали і їхні характеристики визначаються з таблиці у Додатку 1 та 2:

Бетон В20: $R_b = 11.5 \text{ МПа}$, $E_b = 27000 \text{ МПа}$, $\gamma_{b2} = 0.9$;
 Арматура А400: $R_s = 365 \text{ МПа}$, $E_s = 200000 \text{ МПа}$
 Арматура А240: $R_s = 225 \text{ МПа}$.

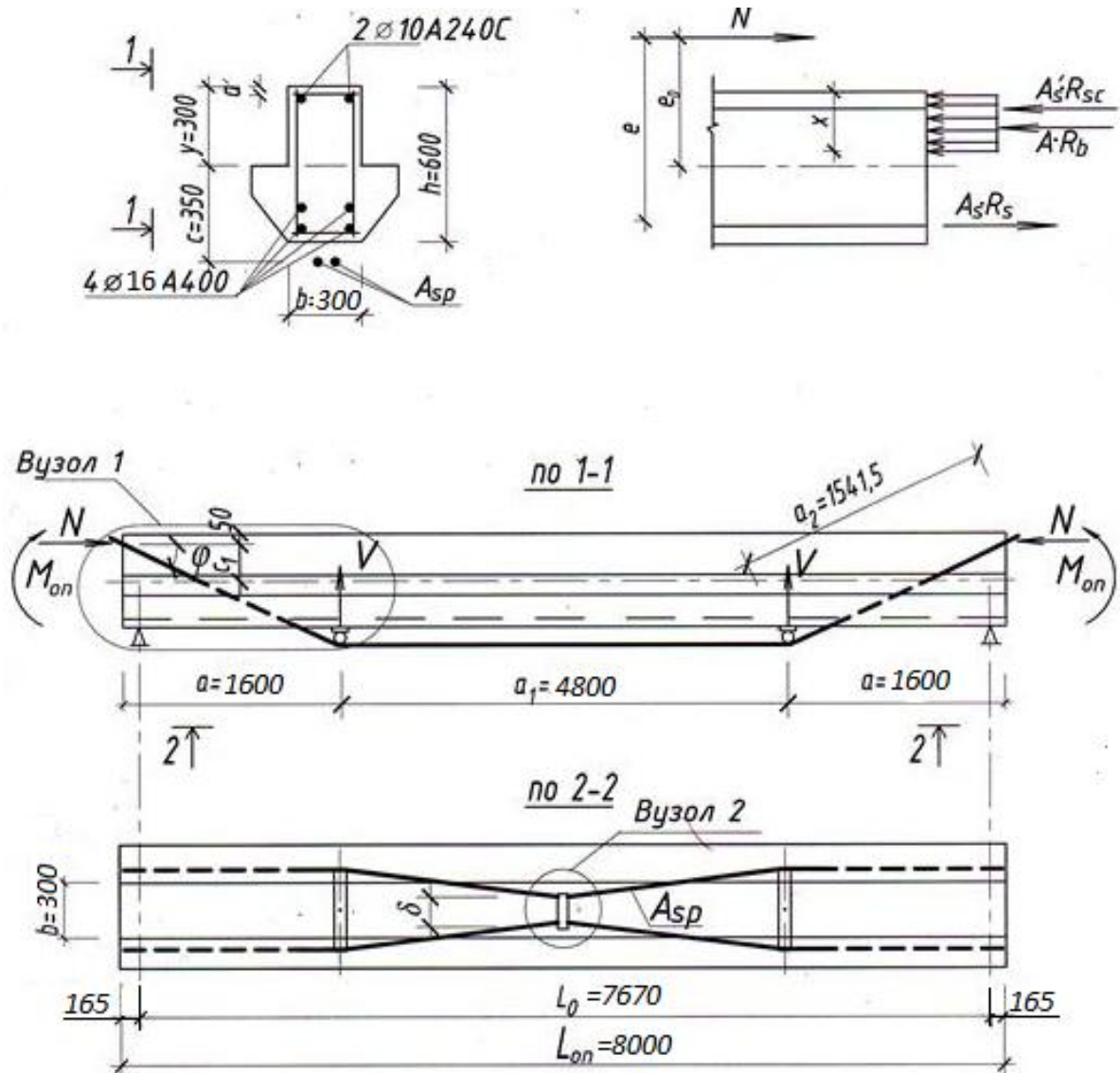


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема підсилення ригеля шпренгельною стяжкою

4.2. Алгоритм розрахунку

Визначаємо розрахунковий проліт

$$L_0 = L_{np} - 2 \cdot c' = 8000 - 2 \cdot 190 = 7620 \text{ мм}$$

c' - опирання балки на стіну (колону), мм;

$c' \geq 125$ - для цегляної кладки;

$c' \geq 120$ - для залізобетону;

$$c' = \frac{1}{2}b - 10 \text{ - для колони, де } b \text{ - ширина колони, мм;}$$

$$c' = \frac{1}{2}400 - 10 = 190 \text{ мм}$$

$$y = \frac{h}{2} = \frac{600}{2} = 300 \text{ мм}$$

$$c = y + 50 = 300 + 50 = 350 \text{ мм}$$

Визначаємо відстань до розпору шпренгеля

$$a = \frac{L_{np} - a_1}{2} = \frac{8000 - 4800}{2} = 1600 \text{ мм}$$

де a_1 - середній проліт шпренгеля, який визначається:

$$a_1 = 0,25 \div 0,6 L_{np} = 0,6 \cdot 8000 = 4800 \text{ мм}$$

Визначаємо несучу здатність балки до посилення (реконструкції)

$$\begin{aligned} M_u &= R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = \\ &= 11,5 \cdot 25 \cdot 8,439 (55,2 - 0,5 \cdot 8,439) + \\ &+ 375 \cdot 1,57 (55,2 - 4,8) = 15336,26 \text{ кНсм} = 153,36 \text{ кНм} \end{aligned}$$

з умови рівноваги

$$x = \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s}{R_b \cdot b} = \frac{37,5 \cdot 8,04 - 37,5 \cdot 1,57}{1,15 \cdot 25} = 8,439 \text{ см}$$

$$h_0 = h - a' = 600 - 48 = 552 \text{ мм}$$

$$a' = c + 0,5 d + \nu = 20 + 0,5(16 + 40) = 48 \text{ мм}$$

$$c \geq 20 \text{ мм}$$

$$c \geq d$$

$$\nu = 2 \cdot c = 2 \cdot 20 = 40 \text{ мм}$$

Визначаємо діючий на ригель згинальний момент до реконструкції

$$M_{up(0)} = \frac{q_1 \cdot L_0^2}{8} = \frac{26 \cdot 8^2}{8} = 208 \text{ кНм}$$

Визначаємо діючий на ригель згинальний момент після реконструкції і збільшення навантаження

$$M_p = \frac{q_2 \cdot L_0^2}{8} = \frac{32 \cdot 8^2}{8} = 256 \text{кНм}$$

$M_p = 256 \text{кНм} > M_u = 153.36 \text{кНм}$, тобто необхідне підсилення ригеля.

Визначаємо зусилля в стяжці шпренгеля (розпір)

$$N = \frac{M_p - M_u}{c} = \frac{256 - 153.36}{0.35} = 293.26 \text{кН}$$

Визначаємо площу поперечного перерізу шпренгельної стяжки

$$A_{sp} = \frac{N}{\gamma_{sp} \cdot R_{sp}} = \frac{293.26}{0.8 \cdot 37.5} = 9.775 \text{см}^2$$

Приймаємо згідно із сортаментом $2\text{Ø}25\text{A}400\text{C}$ ($A_{sp} = 9.82 \text{см}^2$)

Сумарний момент у прольоті складається із врахуванням знака ординат охоплюючої та трикутної епюри моментів (рис.4.3.)

$$M_{np} = M_p - M_{on} - M_v = 256 - 73.315 - 175.95 = 6.735 \text{кН}$$

Наводимо систему сил до однієї зовнішньої сили N з ексцентриситетом:

$$e_0 = \frac{M_{np}}{N} = \frac{6.735}{293.26} = 0.0229 \text{м}$$

$$\text{Тоді } e = e_0 + h_0 - y = 2.29 + 55.2 - 30 = 27.49 \text{см}$$

Реакція шпренгеля на балку

$$V = N \tan \varphi = 293.26 \cdot \left(\frac{60}{160} \right) = 109.97 \text{кН}$$

Опорний момент

$$M_{on} = N c_1 = 293.26 \cdot 0.252 = 73.315 \text{кНм}$$

Момент від реакції шпренгеля

$$M_v = V \cdot a = 109.97 \cdot 1.6 = 175.95 \text{кНм}$$

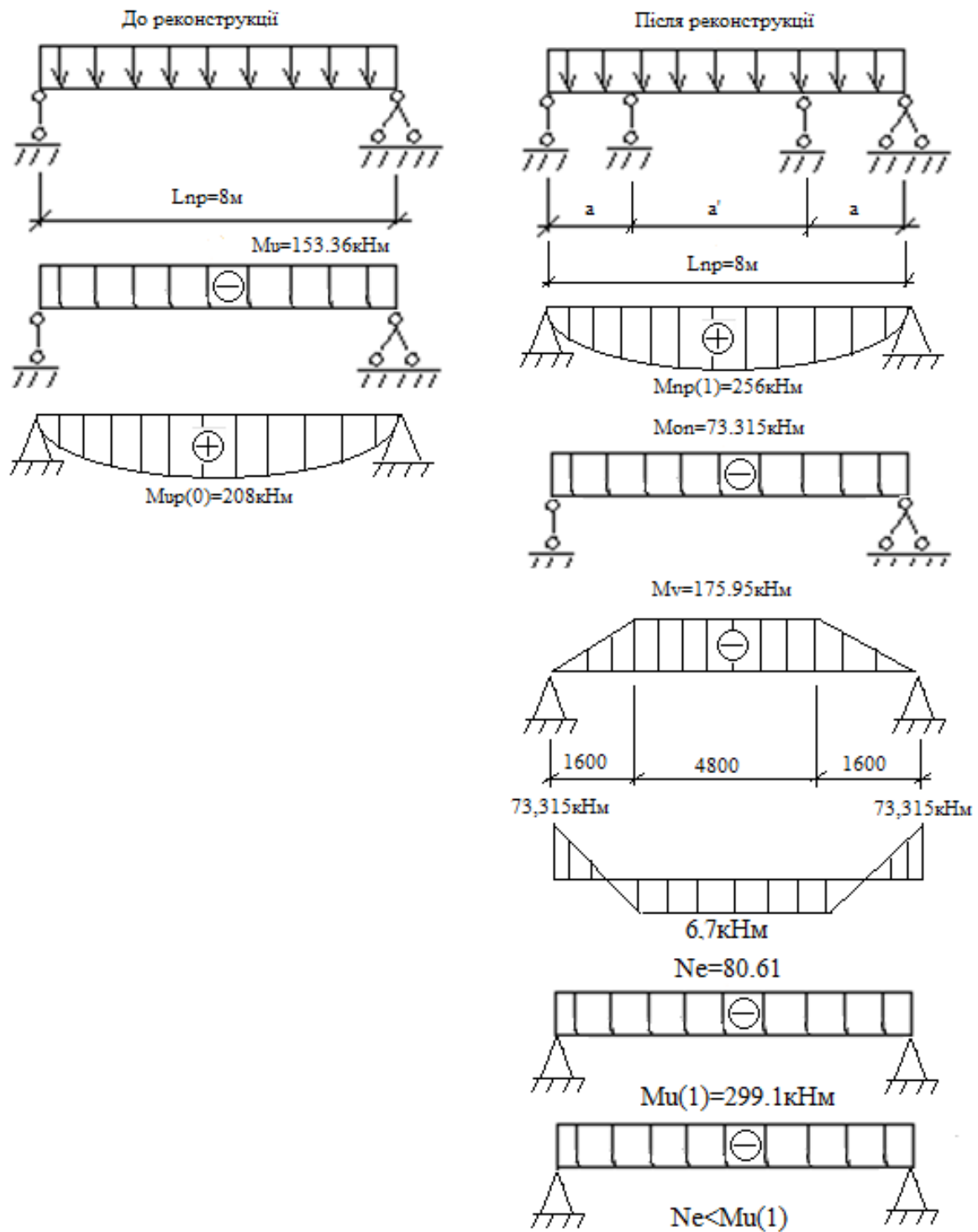


Рисунок 4.3 – Епюри моментів до та після реконструкції

Перевіряємо несучу здатність перерізу.
З умови рівноваги після реконструкції

$$N + R_s A_s = R_{sc} A'_s + R_b \cdot b \cdot x$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b \cdot b} = \frac{293.26 + 37.5 \cdot 9.82 - 37.5 \cdot 1.57}{1.15 \cdot 25} = 20.96 \text{ см}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{20.96}{55.2} = 0.3797 < \xi_R = 0.616$$

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{\sigma_{scu}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1.1}\right)} = \frac{0.758}{1 + \frac{375}{500} \cdot \left(1 - \frac{0.758}{1.1}\right)} = 0.616$$

$$\omega = 0.85 - 0.008 \cdot 11.5 = 0.758$$

Перевіряємо міцність після підсилення. Враховуючи зміну конструктивної і розрахункової схем, несуча здатність після підсилення буде

$$N \cdot e \leq R_{sc} A'_s (h_0 - a') + R_b \cdot b \cdot x (h_0 - 0.5x) = 37.5 \cdot 1.57 (55.2 - 4.8) + 1.15 \cdot 25 \cdot 20.96 (55.2 - 0.5 \cdot 20.96) = 29915.5 \text{ кНсм} = 299,115 \text{ кНм}$$

$$N \cdot e = 293.26 \cdot 0.2749 = 80.61 \text{ кНм} < 299,115 \text{ кНм}$$

Умова виконується, тобто міцність після підсилення забезпечена.

4.3. Конструювання шпренгеля

Для включення шпренгеля в спільну роботу з ригелем приймаємо попереднє напруження в ньому $\sigma_{sp} = 100 \text{ МПа} = 10 \text{ кН} / \text{см}^2$

Необхідне подовження шпренгеля

$$\Delta l = \frac{\sigma_{sp} \cdot l}{E_{sp}} = \frac{100 \cdot 800}{2 \cdot 10^5} = 0,4 \text{ см}$$

$$\text{де } l = 2a + a_1 = 21.6 + 4.8 = 26.4 \text{ м} = 2640 \text{ см}$$

Розраховуємо величину зближення стержнів σ у прольоті для створення попереднього напруження в стяжці:

$$\sigma = b - \sqrt{a_1 + \Delta l}^2 - a_1^2 = 25 - \sqrt{480 + 0.4^2} - 480^2 = 5.4 \text{ см}$$

Враховуючи податливість вузлів, приймаємо $\sigma = 5 \text{ см}$

4.4. Вихідні дані для підсилення ригеля шпренгельною стяжкою

№ вар	Існуюче навантаження, q_1 (кН/м)	Навантаження після підсилення, q_2 (кН/м)	Клас бетону В	Робоча арматура	Монтажна арматура	Розрахунковий проліт, L_0 (м)	Розмір поперечного перерізу см	
							b	h
1	22.0	35.0	B20	4 \varnothing 16 A300	2 \varnothing 10A240	6.2	25	40
2	23.0	37.0	B25	6 \varnothing 16 A300	2 \varnothing 10A240	7.2	30	40
3	27.0	33.0	B25	4 \varnothing 18 A300	2 \varnothing 10A240	8.2	35	40
4	35.0	48.0	B30	4 \varnothing 20 A400	2 \varnothing 10A240	9.2	40	50
5	41.0	54.0	B30	6 \varnothing 20 A400	2 \varnothing 10A240	10.4	40	60
6	14.0	22.0	B15	4 \varnothing 14 A300	2 \varnothing 10A240	5.4	25	40
7	43.0	40.0	B20	6 \varnothing 18 A300	2 \varnothing 10A240	7.4	30	60
8	50.0	59.0	B25	4 \varnothing 22 A400	2 \varnothing 10A240	8.4	35	60
9	51.0	64.0	B20	6 \varnothing 22 A400	2 \varnothing 10A240	9.4	40	50
10	62.0	77.0	B30	4 \varnothing 24 A400	2 \varnothing 10A240	10.4	40	60
11	63.0	79.0	B35	4 \varnothing 24 A300	2 \varnothing 10A240	11.2	45	50
12	70.0	79.0	B20	6 \varnothing 24 A400	2 \varnothing 10A240	12.2	45	60
13	73.0	88.0	B25	4 \varnothing 25 A400	2 \varnothing 10A240	8.6	50	50
14	81.0	96.0	B20	4 \varnothing 25 A500	2 \varnothing 10A240	7.6	55	60
15	81.0	99.0	B30	6 \varnothing 25 A500	2 \varnothing 10A240	6.6	60	60
16	25.0	37.0	B20	4 \varnothing 16 A300	2 \varnothing 10A240	7.0	25	40
17	20.0	28.0	B20	4 \varnothing 16 A300	2 \varnothing 10A240	6.0	30	45
18	30.0	37.0	B25	6 \varnothing 16 A300	2 \varnothing 10A240	8.0	30	55
19	35.0	42.0	B25	4 \varnothing 18 A400	2 \varnothing 10A240	9.0	30	50
20	40.0	49.0	B25	4 \varnothing 20 A400	2 \varnothing 10A240	10.0	35	50
21	45.0	54.0	B30	4 \varnothing 20 A400	2 \varnothing 10A240	11.0	35	55
22	50.0	59.0	B30	4 \varnothing 22 A400	2 \varnothing 10A240	12.0	40	50
23	55.0	64.0	B30	4 \varnothing 24 A500	2 \varnothing 10A240	6.0	45	50
24	60.0	71.0	B35	4 \varnothing 25 A500	2 \varnothing 10A240	7.0	40	60
25	70.0	82.0	B35	4 \varnothing 28 A500	2 \varnothing 10A240	10.0	45	60

Питання для самоперевірки

1. Проаналізуйте основні відмінності підсилення ригеля шпренгельною стяжкою.
2. Наведіть графічне зображення розрахункової схеми підсилення ригеля шпренгельною стяжкою.
3. Яким чином шпренгельна стяжка включається в роботу з підсилювальним елементом?
4. Наведіть основні характеристики бетону.
5. Які класи арматури ви знаєте?
6. Які існують класи бетону? Що вони характеризують?
7. Наведіть алгоритм розрахунку підсилення шпренгельною стяжкою.
8. Як перевіряється несуча здатність балки?
9. Що таке висота стиснутої зони і як вона визначається?
10. Проаналізуйте коефіцієнт умов роботи в залежності від конструкцій.
11. Який сортамент можна використовувати в якості шпренгельної стяжки?
12. Які параметри впливають на вибір перерізу шпренгельної стяжки?
13. Проаналізуйте випадковий та розрахунковий ексцентриситети?
14. Як визначаються сумарні моменти з урахуванням підсилення?
15. Як виконується конструювання шпренгеля?
16. Як визначається розрахунковий проліт балки?

5. ПІДСИЛЕННЯ РИГЕЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО НАПРУЖЕНОЮ СТЯЖКОЮ

Відомим методом збільшення несучої здатності елементів на дію згинальних моментів є застосування горизонтальних попередньо напружених зтяжок, розташованих вдовж нижньої фібри згинаного елемента. Зтяжка дозволяє створити достатній обтиск балки. Попередньо напружені зтяжки традиційно бувають трьох видів: горизонтальні, шпренгельні та комбіновані

Зовнішню арматуру у вигляді горизонтальної зтяжки застосовують в основному для сприйняття згинальних моментів та збільшення, відповідно, несучої здатності конструкції. При підсиленні шпренгельними і комбінованими зтяжками, окрім вище наведених зусиль, на елемент діють додаткові розвантажуючі зусилля в місцях перегинів тяжів, які взаємодіють з балкою. Згинані елементи залізобетонних конструкцій із зовнішнім армуванням у вигляді зтяжки перетворюються на позacentрово стиснуті, змінюючи одночасно свою початкову конструктивну схему.

Попереднє напруження зтяжок можна виконувати як за допомогою гайок та стяжних муфт, так і з використанням попереднього підігрівання стрижнів зтяжок. Якщо попередньо напружені зтяжки закріплюються до існуючої робочої арматури конструкцій, необхідно перевіряти достатність зони анкерування основної арматури.

Попередньо напружені зтяжки можуть виконуватись як з окремих стрижнів, так і з прокатних профілів .

Попередньо напружені зтяжки виконують з розташуванням окремих стрижнів на бокових повернях балок або по нижній грані.



Рис.5.1. Загальний вигляд горизонтально напруженою стяжкою

5.1. Вихідні дані для проектування

На залізобетонну балку з розрахунковим прольотом $L_{np}=8$ м та розмірами поперечного перерізу $b=30$ см; $h=60$ см діє існуюче навантаження: $q_1=26$ кН/м, навантаження після підсилення балки становитиме $q_2=32$ кН/м. Всі дані відповідають прикладу 3.1.

Клас бетону В20, робоча арматура $4 \varnothing 16$ А400, монтажна арматура $2 \varnothing 10$ А240. Розрахункова схема наведена на рис. 4.1.

Прийняті матеріали і їхні характеристики визначаються з таблиці у Додатку 1 та 2:

Бетон В20: $R_b = 11.5$ МПа, $E_b = 27000$ МПа, $\gamma_{b2} = 0.9$;

Арматура А400: $R_s = 365$ МПа, $E_s = 200000$ МПа

Арматура А240: $R_s = 225$ Мпа.

5.2. Алгоритм розрахунку

Визначаємо розрахунковий проліт

$$L_0 = L_{np} - 2 \cdot c' = 8000 - 2 \cdot 190 = 7620 \text{ мм}$$

c' - опирання балки на стіну (колону), мм;

$c' \geq 125$ - для цегляної кладки;

$c' \geq 120$ - для залізобетону;

$c' = \frac{1}{2}b - 10$ - для колони, де b - ширина колони, мм;

$$c' = \frac{1}{2}400 - 10 = 190 \text{ мм}$$

$$y = \frac{h}{2} = \frac{600}{2} = 300 \text{ мм}$$

$$c = y + 50 = 300 + 50 = 350 \text{ мм}$$

Визначаємо несучу здатність балки до посилення (реконструкції)

$$\begin{aligned} M_u &= R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = \\ &= 11,5 \cdot 25 \cdot 8,439 (55,2 - 0,5 \cdot 8,439) + \\ &+ 375 \cdot 1,57 (55,2 - 4,8) = 15336,26 \text{ кНсм} = 153,36 \text{ кНм} \end{aligned}$$

з умови рівноваги

$$x = \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s}{R_b \cdot b} = \frac{37.5 \cdot 8.04 - 37.5 \cdot 1.57}{1.15 \cdot 25} = 8.439 \text{ см}$$

$$h_0 = h - a' = 600 - 48 = 552 \text{ мм}$$

$$a' = c + 0.5 \cdot d + \nu = 20 + 0.5(16 + 40) = 48 \text{ мм}$$

$$c \geq 20 \text{ мм}$$

$$c \geq d$$

$$\nu = 2 \cdot c = 2 \cdot 20 = 40 \text{ мм}$$

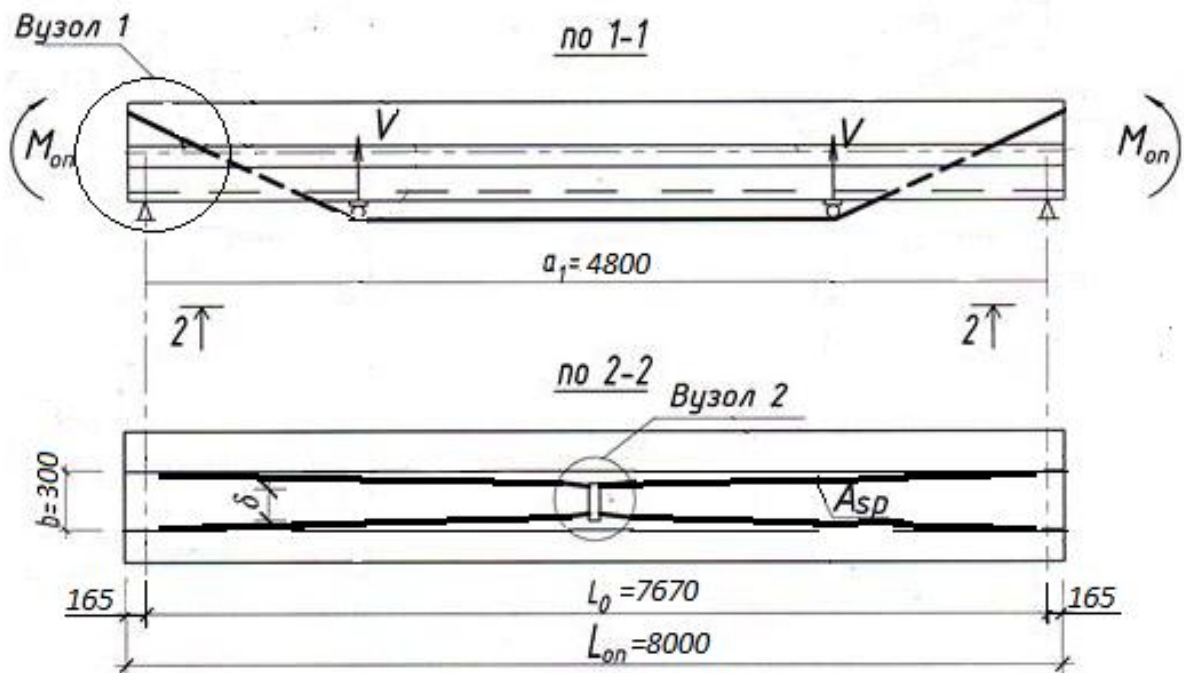
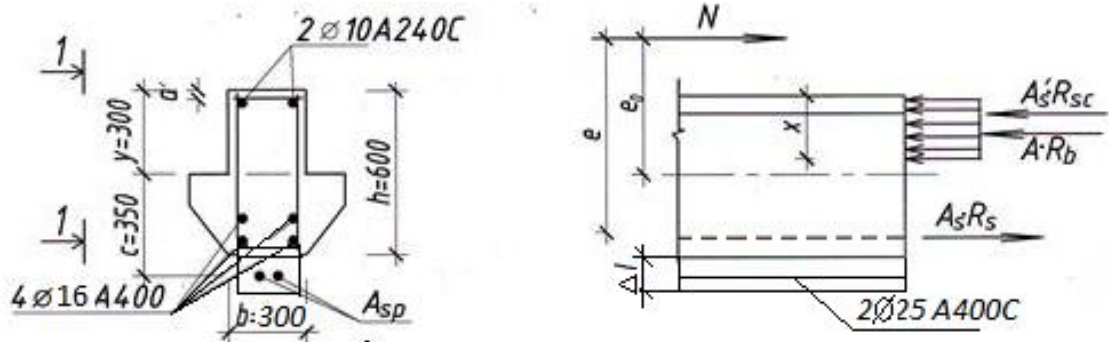


Рисунок 4.1 - Підсилення балки горизонтальною стяжкою

Визначаємо діючий на балку згинальний момент після реконструкції і збільшення навантаження

$$M_p = \frac{q_2 \cdot L_0^2}{8} = \frac{32 \cdot 8^2}{8} = 256 \text{ кНм}$$

$M_p = 256 \text{кНм} > M_u = 153.36 \text{кНм}$, тобто необхідне підсилення ригеля.

Визначаємо зусилля в стяжці шпренгеля (розпір)

$$N = \frac{M_p - M_u}{c} = \frac{256 - 153.36}{0.35} = 293.26 \text{кН}$$

Визначаємо площу поперечного перерізу шпренгельної стяжки

$$A_{sp} = \frac{N}{\gamma_{sp} \cdot R_{sp}} = \frac{293.26}{0.8 \cdot 37.5} = 9.775 \text{см}^2$$

Приймаємо згідно із сортаментом $2\text{Ø}25\text{A}400\text{C}$ ($A_{sp} = 9.82 \text{см}^2$)

Зусилля в стяжці створює момент

$$M_{on} = -Nc = -293.26 \cdot 0.35 = -102,641 \text{кНм}$$

Сумарний момент у прольоті складається із врахуванням знака ординат охоплюючої та трикутної епюри моментів

$$M_{np} = M_p - M_{on} = 256 - 102,641 = 153,359 \text{кНм}$$

Приводимо систему сил до однієї зовнішньої сили N з ексцентриситетом

$$e_0 = \frac{M_{np}}{N} = \frac{153,359}{293.26} = 0.052 \text{м}$$

$$\text{Тоді } e = e_0 + h_0 - y = 52 + 55.2 - 30 = 77,2 \text{см}$$

Визначаємо висоту стиснутої зони «х» позацентрово стиснутого елемента за умови рівноваги

$$N + R_s A_s = R_{sc} A'_s + R_b \cdot b \cdot x$$

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b \cdot b} = \frac{293.26 + 37.5 \cdot 9.82 - 37.5 \cdot 1.57}{1.15 \cdot 25} = 20.96 \text{см}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{20.96}{55.2} = 0.3797 < \xi_R = 0.616$$

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{\sigma_{scu}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1.1}\right)} = \frac{0.758}{1 + \frac{375}{500} \cdot \left(1 - \frac{0.758}{1.1}\right)} = 0.616$$

$$\omega = 0.85 - 0.008 \cdot 11.5 = 0.758$$

Перевіряємо міцність після підсилення.

$$N \cdot e \leq R_{sc} A'_s (h_0 - a') + R_b \cdot b \cdot x (h_0 - 0.5x) = 37.5 \cdot 1.57 (55.2 - 4.8) + 1.15 \cdot 25 \cdot 20.96 (55.2 - 0.5 \cdot 20.96) = 29915.5 \text{ кНсм} = 299,115 \text{ кНм}$$

$$N \cdot e = 293.26 \cdot 0.772 = 226,39 \text{ кНм} < 299,115 \text{ кНм}$$

Умова виконується, тобто міцність після підсилення забезпечена.

5.3. Конструювання шпренгеля

Для включення шпренгеля в спільну роботу з ригелем приймаємо попереднє напруження в ньому $\sigma_{sp} = 100 \text{ МПа} = 10 \text{ кН} / \text{см}^2$

Необхідне подовження шпренгеля

$$\Delta l = \frac{\sigma_{sp} \cdot l}{E_{sp}} = \frac{100 \cdot 800}{2 \cdot 10^5} = 0,4 \text{ см}$$

де $l = 2a + a_1 = 21.6 + 4.8 = 8 \text{ м} = 800 \text{ см}$

Розраховуємо величину зближення стержнів σ у прольоті для створення попереднього напруження в стяжці:

$$\sigma = b - \sqrt{a_1 + \Delta l^2 - a_1^2} = 25 - \sqrt{800 + 0.4^2 - 800^2} = -0,3 \text{ см}$$

Враховуючи податливість вузлів, приймаємо $\sigma = -0,5 \text{ см}$

5.4. Вихідні дані для підсилення ригеля горизонтально напруженою стяжкою

№ вар	Існуюче навантаження, q_1 (кН/м)	Навантаження після підсилення, q_2 (кН/м)	Клас бетону В	Робоча арматура	Монтажна арматура	Розрахунковий проліт, L_0 (м)	Розмір поперечного перерізу см	
							b	h
1	22.0	45.0	B25	4 \varnothing 18 A300	2 \varnothing 10A240	6.2	35	40
2	21.0	37.0	B20	6 \varnothing 16 A300	2 \varnothing 10A240	7.2	30	40
3	27.0	34.0	B25	4 \varnothing 18 A300	2 \varnothing 10A240	8.2	25	40
4	34.0	49.0	B30	4 \varnothing 20 A400	2 \varnothing 10A240	9.2	40	50
5	40.0	55.0	B30	6 \varnothing 20 A400	2 \varnothing 10A240	10.4	40	60
6	13.0	22.0	B15	4 \varnothing 14 A300	2 \varnothing 10A240	5.4	25	40
7	48.0	60.0	B20	6 \varnothing 18 A300	2 \varnothing 10A240	7.4	30	60
8	51.0	59.0	B25	4 \varnothing 22 A400	2 \varnothing 10A240	8.4	35	60
9	51.0	66.0	B20	6 \varnothing 22 A400	2 \varnothing 10A240	9.4	40	50
10	62.0	78.0	B30	4 \varnothing 24 A400	2 \varnothing 10A240	10.4	40	60
11	61.0	79.0	B35	4 \varnothing 24 A300	2 \varnothing 10A240	11.2	45	50
12	70.0	79.0	B20	6 \varnothing 24 A400	2 \varnothing 10A240	12.2	40	65
13	73.0	88.0	B25	4 \varnothing 25 A400	2 \varnothing 10A240	8.6	50	50
14	81.0	96.0	B20	4 \varnothing 25 A500	2 \varnothing 10A240	7.6	55	60
15	81.0	99.0	B30	6 \varnothing 25 A500	2 \varnothing 10A240	6.6	60	60
16	25.0	37.0	B20	4 \varnothing 16 A300	2 \varnothing 10A240	7.0	25	40
17	20.0	28.0	B20	4 \varnothing 16 A300	2 \varnothing 10A240	6.0	30	45
18	30.0	37.0	B25	6 \varnothing 16 A300	2 \varnothing 10A240	8.0	30	55
19	35.0	42.0	B25	4 \varnothing 18 A400	2 \varnothing 10A240	9.0	30	50
20	40.0	49.0	B25	4 \varnothing 20 A400	2 \varnothing 10A240	10.0	35	50
21	45.0	54.0	B30	4 \varnothing 20 A400	2 \varnothing 10A240	11.0	35	55
22	50.0	59.0	B30	4 \varnothing 22 A400	2 \varnothing 10A240	12.0	40	50
23	55.0	64.0	B30	4 \varnothing 24 A500	2 \varnothing 10A240	6.0	45	50
24	60.0	71.0	B35	4 \varnothing 25 A500	2 \varnothing 10A240	7.0	40	60
25	70.0	82.0	B35	4 \varnothing 28 A500	2 \varnothing 10A240	10.0	45	60

Питання для самоперевірки

1. Проаналізуйте основні відмінності підсилення ригеля горизонтально напруженою стяжкою.
2. Наведіть графічне зображення розрахункової схеми підсилення ригеля горизонтально напруженою стяжкою.
3. Яким чином горизонтально напружена стяжка включається в роботу з підсилювальним елементом?
4. Наведіть основні характеристики бетону.
5. Які класи арматури ви знаєте?
6. Які існують класи бетону? Що вони характеризують?
7. Наведіть алгоритм розрахунку підсилення горизонтально напруженою стяжкою.
8. Як перевіряється несуча здатність балки?
9. Що таке висота стиснутої зони і як вона визначається?
10. Проаналізуйте коефіцієнт умов роботи в залежності від конструкцій.
11. Який сортамент можна використовувати в якості горизонтально напруженої стяжки?
12. Які параметри впливають на вибір перерізу горизонтально напруженої стяжки?
13. Проаналізуйте випадковий та розрахунковий ексцентриситети?
14. Як визначаються сумарні моменти з урахуванням підсилення?
15. Як виконується конструювання горизонтальної напруженої стяжки?
16. Як визначається розрахунковий проліт балки?
17. Що таке коефіцієнт поздовжнього згинання?

6. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТА ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Метою розрахунково-графічної роботи є набуття студентами практичних навиків з розрахунку та проектування підсилення залізобетонних конструкцій

Розрахунково-графічна робота складається з пояснювальної записки та обов'язкового графічного матеріалу.

Розрахунково-графічна робота оформлюється відповідно до ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення»

Текст складається в друкованому вигляді на аркушах формату А4 шрифтом Times New Roman кеглем 14, міжрядковий інтервал 1,5 Lines. Розмір шрифту для написання заголовків у рядках і колонках таблиць і пояснювальних даних на рисунках і в таблицях встановлює виконавець.

Рекомендовано на сторінках пояснювальної записки використовувати береги такої ширини: верхній і нижній — не менше ніж 20 мм, лівий — не менше ніж 25 мм, правий — не менше ніж 10 мм.

Оформлення креслень та розрахунково-пояснювальної записки здійснюють у відповідності до діючих ДСТУ (Державних стандартів України).

Орієнтовний перелік розділів пояснювальної записки:

1. Вступ (обґрунтування доцільності реконструкції будівель та споруд, відомості про проектування реконструкції).

2. Вихідні дані на проектування.

3. Розрахунок підсилення залізобетонних колон.

4. Розрахунок підсилення залізобетонних ригелів.

Література.

Додатки (навести всі таблиці, якими користувались)

Орієнтовний перелік графічного матеріалу до пояснювальної записки:

1. Розрахункову схему колони;

2. Схему підсилення колони металевою обіймою

3. Розрахункову схему ригеля.

4. Схему підсилення ригеля шарнірно-стержневим ланцюгом (шпренгельною стяжкою)

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В 2.6 - 163:2010. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу. Мінрегіонбуд. Київ. 2011. – 132 с.
2. ДСТУ 8539:2015. Прокат для будівельних сталевих конструкцій. Загальні технічні умови. УкрДНТЦ «Енергосталь». 2016. – 24 с.
3. ГОСТ 8509-57. Сортамент прокатної сталі. Сталь прокатна кутова рівнобока.
4. ДБН В.2.6-98: 2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Мінрегіонбуд. Київ. 2011. – 73 с.
5. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. Мінрегіонбуд. Київ. 2006.
6. Нормативні документа з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. Держбуд України, 2003 р.
7. Визначення міцності бетонних та залізобетонних конструкцій. Київ: НТУУ "КПІ", 2006 р.
8. ДБН В. 1.2-14-2009 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.
- 9.

ДОДАТОК 1

Розрахункові опори та початковий модуль пружності важкого бетону

Клас бетону	Розрахункові опори бетону при розрахунку за другою групою граничних станів, МПа		Розрахункові опори бетону при розрахунку за першою групою граничних станів, МПа		Початковий модуль пружності бетону при стисненні, МПа $E_b \cdot 10^3$	
	На стиск R_{bn} $R_{b.ser}$	На розтяг $R_{bt.n}$ $R_{bt.ser}$	На стиск R_b	На розтяг R_{bt}	При твердінні в звичайних умовах	При тепловій обробці при атмосферному тиску
B7.5	5.5	0.70	4.5	0.48	16.0	14.5
B10	7.5	0.85	6.0	0.57	18.0	16.0
B12.5	9.5	1.00	7.5	0.66	21.0	19.0
B15	11.0	1.15	8.5	0.75	23.0	20.5
B20	15.0	1.40	11.5	0.90	27.0	24.5
B25	18.5	1.60	14.5	1.05	30.0	27.0
B30	22.0	1.80	17.0	1.20	32.5	29.0
B35	25.5	1.95	19.5	1.30	34.5	31.0
B40	29.0	2.10	22.0	1.40	36.0	32.5
B45	32.0	2.20	25.0	1.45	37.5	34.0
B50	36.0	2.30	27.5	1.55	39.0	35.0
B55	39.5	2.40	30.0	1.60	39.5	35.5
B60	43.0	2.50	33.0	1.65	40.0	36.0

ДОДАТОК 2

Розрахункове значення опору арматури на розтягнення, та на стиснення при розрахунку за граничним станом I групи

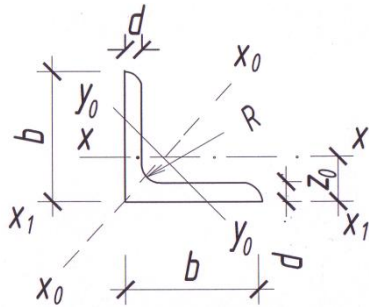
Клас арматури	Розрахункові опори арматури за граничним станом I гр., МПа		
	розтягнення		Стиснення R_{sc}
	Подовжня R_s	Поперечна, хомути і відігнуті частини, R_{sw}	
A240C (AI)	225	175	225
A300C (AII)	280	225	280
A400C (AIII)	365	290	365
∅ 6-8			
∅ 10-40	375	290	375
AtIIIc A400C ²	365	290	365
AtIVc A500C			
∅ 8-22	450	290	450
∅ 25-32	435	290	435
Bp-1			
∅ 3	375	270	375
4	365	265	365
5	360	260	360

Значення модуля пружності арматури E_s приймаються рівними для арматури класів і наведені у таблиці:

Класи арматури	Модуль пружності арматури E_s
A240C та A300C	- 210 000 МПа
A400C	- 200 000 МПа
A500C	- 190 000 МПа
Bp-1	-170 000 МПа

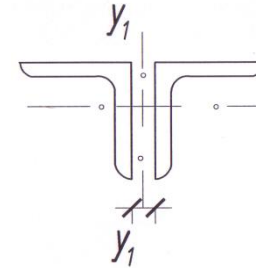
ДОДАТОК 3

Сортамент прокатної сталі. Сталь прокатна кутова рівнобока (вибірка з ГОСТ 8509-57)



Позначення:

b - ширина полиці
d - момент полиці
J - момент інерції
r - радіус інерції



Розміри кутків, мм		R, мм	Площа перерізу $A_y, \text{м}^2$	Вага 1 пог.м, кг	Відстань центра ваги z_0 , см	Ось x-x		Ось x_1-x_1	Ось x_0-x_0		Ось y_0-y_0		Радіуси інерції i_{y2} для двох кутків при δ , мм			
b	d					I_x	i_x		I_{x0}	i_{x0}	I_{y0}	i_{y0}	$\delta=8$	$\delta=10$	$\delta=12$	$\delta=14$
						см	см	см	см	см	см					
45	4	5	3,48	2,73	1,26	6,63	1,38	12,1	10,5	1,74	2,74	0,89	2,16	2,24	2,32	2,40
	5		4,29	3,37	1,30	8,03	1,37	15,3	12,7	1,72	3,33	0,88	2,18	2,26	2,34	2,42
50	4	5,5	3,89	3,05	1,38	9,21	1,54	16,6	14,6	1,94	3,80	0,99	2,35	2,43	2,51	2,59
	5		4,80	3,77	1,42	11,2	1,53	20,9	17,8	1,92	4,63	0,98	2,38	2,45	2,53	2,61
56	4	6	4,38	3,44	1,52	13,1	1,73	23,3	20,8	2,18	5,41	1,11	2,58	2,66	2,73	2,81
	5		5,41	4,25	1,57	16,0	1,72	29,2	25,4	2,16	6,59	1,10	2,61	2,72	2,77	2,85
63	4	7	4,96	3,90	1,69	18,9	1,95	33,1	29,9	2,45	7,81	1,25	2,86	2,93	3,01	3,09
	5		6,13	4,81	1,74	23,1	1,94	41,5	36,6	2,44	9,52	1,25	2,89	2,96	3,04	3,12
	6		7,23	5,72	1,78	27,1	1,93	50,0	42,9	2,43	11,2	1,24	2,90	2,99	3,06	3,14
70	4,5	10,7	6,20	4,87	1,88	29,0	2,16	51,0	46,0	2,72	12,0	1,39	3,14	3,21	3,29	3,37
	5		6,86	5,38	1,90	31,9	2,16	56,7	50,7	2,72	13,2	1,39	3,16	3,23	3,30	3,38
	6		8,15	6,39	1,94	37,6	2,15	68,4	59,6	2,71	15,5	1,38	3,18	3,25	3,33	3,40
	7		9,42	7,39	1,99	43,0	2,14	80,1	68,2	2,69	17,8	1,37	3,20	3,28	3,36	3,44
	8		10,7	8,37	2,02	48,2	2,13	91,9	76,4	2,68	20,0	1,37	3,22	3,29	3,37	3,45
75	5	9	7,39	5,80	2,02	39,5	2,31	69,6	62,6	2,91	16,4	1,49	3,35	3,42	3,49	3,57
	6		8,78	6,89	2,06	46,6	2,30	83,9	73,9	2,90	19,3	1,48	3,30	3,44	3,52	3,60

	7		10,1	7,96	2,10	53,3	2,29	98,3	84,6	2,89	22,1	1,48	3,40	3,47	3,54	3,62
	8		11,5	9,02	2,15	59,8	2,28	113,0	94,9	2,87	24,8	1,47	3,43	3,50	3,57	3,65
	9		12,8	10,1	2,18	66,1	2,27	127	105	2,86	27,5	1,46	3,44	3,51	3,59	3,67
80	5,5	9	8,63	6,78	2,17	52,7	2,47	93,2	83,6	3,11	21,8	1,59	3,57	3,64	3,71	3,79
	6		9,38	7,36	2,19	57,0	2,47	102	90,4	3,11	23,5	1,58	3,58	3,65	3,72	3,80
	7		10,8	8,51	2,23	65,3	2,45	119	104	3,09	27,0	1,58	3,60	3,67	3,75	3,82
	8		12,3	9,65	2,27	73,4	2,44	137	116	3,08	30,3	1,57	3,62	3,69	3,77	3,84
90	6	10	10,6	8,33	2,43	82,1	2,78	145	130	3,50	34,0	1,79	3,96	4,04	4,11	4,19
	7		12,3	9,64	2,47	94,3	2,77	169	150	3,49	38,9	1,78	3,99	4,06	4,13	4,21
	8		13,9	10,9	2,51	106	2,76	194	168	3,48	43,8	1,77	4,01	4,08	4,16	4,23
	9		15,6	12,2	2,55	111,8	2,75	219	186	3,46	48,6	1,77	4,04	4,11	4,19	4,25
100	6,5	12	12,8	10,1	2,68	122	3,09	214	193	3,88	50,7	1,99	4,36	4,43	4,50	4,57
	7		13,8	10,8	2,71	131	3,08	231	207	3,88	54,2	1,98	4,38	4,45	4,52	4,59
	8		15,6	12,2	2,75	147	3,07	265	233	3,87	60,9	1,98	4,40	4,47	4,54	4,62
	10		19,2	15,1	2,83	179	3,05	333	284	3,84	74,1	1,96	4,44	4,52	4,59	4,66
	12		22,8	17,9	2,91	209	3,03	402	331	3,81	86,9	1,95	4,48	4,56	4,63	4,71
	14		26,3	20,6	2,99	237	3,00	472	375	3,78	99,3	1,94	4,53	4,60	4,68	4,76
	16		29,7	23,3	3,06	264	2,98	542	416	3,74	112	1,94	4,57	4,64	4,72	4,80
110	7	12	15,2	11,9	2,96	176	3,40	308	279	4,29	72,7	2,19	4,76	4,85	4,92	5,00
	8		17,2	13,5	3,00	198	3,39	353	315	4,28	81,8	2,18	4,80	4,87	4,95	5,02
125	8	14	19,7	15,5	3,36	294	3,87	516	467	4,87	122	2,49	5,30	5,46	5,53	5,60
	9		22,0	17,3	3,40	327	3,86	582	520	4,86	135	2,48	5,41	5,48	5,56	5,63
	10		24,3	19,1	3,45	360	3,85	649	571	4,84	149	2,47	5,44	5,52	5,58	5,66
	12		28,9	22,7	3,53	422	3,82	782	670	4,82	174	2,46	5,48	5,55	5,62	5,70
	14		33,4	26,2	3,61	482	3,80	916	764	4,78	200	2,45	5,52	5,60	5,67	5,75
	16		37,8	29,6	3,68	539	3,78	1051	853	4,75	224	2,44	5,56	5,63	5,72	5,78
140	9	14	24,7	19,4	3,78	466	4,34	818	739	5,47	192	2,79	6,02	6,10	6,16	6,24
	10		27,3	21,5	3,82	512	4,33	911	814	5,46	211	2,78	6,05	6,12	6,19	6,26
	12		32,5	25,5	3,90	602	4,31	1097	957	5,43	248	2,76	6,08	6,15	6,25	6,30
160	10	16	31,4	24,7	4,30	774	4,96	1356	1229	6,25	319	3,19	6,84	6,91	6,97	7,05
	11		34,4	27,0	4,35	844	4,95	1494	1341	6,24	348	3,18	6,86	6,93	7,00	7,07
	12		37,4	29,4	4,39	913	4,94	1633	1450	6,23	376	3,17	6,88	6,95	7,02	7,09

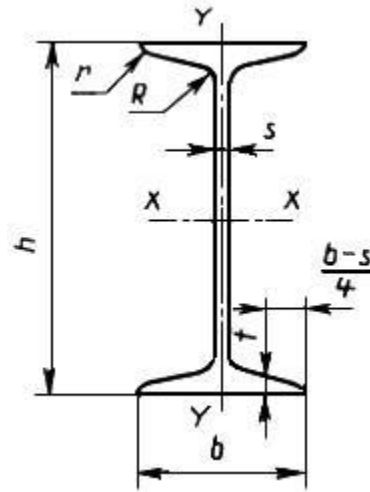
	14		43,3	34,0	4,47	1046	4,92	1911	1662	6,20	431	3,16	6,91	6,98	7,05	7,13
	16		49,1	38,5	4,55	1175	4,89	2191	1866	6,17	485	3,14	6,95	7,03	7,10	7,18
	18		54,8	43,0	4,63	1299	4,87	2472	2061	6,13	537	3,13	7,00	7,07	7,14	7,22
	20		60,4	47,4	4,70	1419	4,85	2756	2248	6,10	589	3,12	7,04	7,11	7,18	7,26
180	11	16	38,8	30,5	4,85	1216	5,60	2128	1933	7,06	500	3,59	7,67	7,74	7,81	7,82
	12		42,2	33,1	4,89	1317	5,59	2324	2093	7,04	540	3,58	7,69	7,76	7,83	7,84
200	12	18	47,1	37,0	5,37	1823	6,22	3182	2896	7,84	749	3,99	8,48	8,55	8,62	8,69
	13		50,9	39,9	5,42	1961	6,21	3452	3116	7,83	805	3,98	8,50	8,58	8,64	8,71
	14		54,6	42,8	5,46	2097	6,20	3722	3333	7,81	861	3,97	8,52	8,60	8,66	8,73
	16		62,0	48,7	5,54	2363	6,17	4264	3755	7,78	970	3,96	8,56	8,64	8,70	8,77
	20		76,5	60,1	5,70	2871	6,12	5355	4560	7,72	1182	3,93	8,65	8,72	8,79	8,86
	25		94,3	74,0	5,89	3466	6,06	6733	5494	7,63	1438	3,91	8,74	8,81	8,88	8,95
	30		111,5	87,6	6,07	4020	6,00	8130	6351	7,55	1688	3,89	8,83	8,90	8,97	9,05
220	14	21	60,4	47,4	5,93	2814	6,83	4941	4470	8,60	1159	4,38	9,31	9,37	9,45	9,52
	16		68,6	53,8	6,02	3175	6,81	5661	5045	8,58	1306	4,36	9,35	9,42	9,49	9,56
250	16	24	78,4	61,5	6,75	4717	7,76	8286	7492	9,78	1942	4,98	10,55	10,62	10,68	10,75
	18		87,7	68,9	6,83	5247	7,73	9342	8337	9,75	2158	4,96	10,59	10,65	10,72	10,80
	20		97,0	76,1	6,91	5765	7,71	10401	9160	9,72	2370	4,94	10,62	10,69	10,76	10,83
	22		106,1	83,3	7,00	6270	7,69	11464	9961	9,69	2579	4,93	10,67	10,74	10,81	10,88
	25		119,7	94,0	7,11	7006	7,65	13064	11125	9,64	2887	4,91	10,72	10,79	10,86	10,93
	28		133,1	104,5	7,23	7717	7,61	14674	12244	9,59	3190	4,86	10,78	10,85	10,92	10,99
	30		142,0	111,4	7,31	8177	7,59	15753	12965	9,56	3389	4,89	10,82	10,89	10,96	11,03

ДОДАТОК 4
Сортамент арматури

Діаметр, мм	Розрахункова площа поперечного перерізу, см ² , при кількості стержнів									Теоретична вага, кг	Діаметри для арматури класів			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		A240C	A300C	A400C	Bp-1
3	0,071	0,141	0,212	0,283	0,353	0,424	0,495	0,565	0,636	0,055				+
4	0,126	0,251	0,377	0,502	0,628	0,754	0,879	1,005	1,130	0,099				+
5	0,196	0,393	0,589	0,785	0,982	1,178	1,375	1,571	1,767	0,154				+
6	0,283	0,57	0,85	1,13	1,41	1,7	1,98	2,26	2,54	0,222	+		+	
8	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,53	0,395	+		+	
10	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,5	6,28	7,07	0,617	+	+	+	
12	1,131	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	0,888	+	+	+	
14	1,539	3,08	4,62	6,16	7,69	9,23	10,77	12,31	13,85	1,208	+	+	+	
16	2,011	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	1,578	+	+	+	
18	2,545	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90	1,998	+	+	+	
20	3,142	6,28	9,42	12,56	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	2,466	+	+	+	
22	3,801	7,60	11,40	15,20	19,00	22,81	26,61	30,41	34,21	2,984	+	+	+	
25	4,909	9,82	14,73	19,63	25,54	29,45	34,36	39,27	44,18	3,84	+	+	+	
28	6,158	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42	4,83	+	+	+	
32	8,043	16,09	24,13	32,17	40,21	48,26	56,30	64,34	72,38	6,31	+	+	+	
36	10,179	20,36	30,54	40,72	50,89	61,07	71,25	81,43	91,61	7,99	+	+	+	
40	12,566	25,13	37,7	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	9,865	+	+	+	

Примітка: Знак “+” визначає наявність діаметра в сортаменті для арматури даного класу

ДОДАТОК 5
Двотаври металеві. Гарячекатані. (вибірка з ГОСТ 8239-89)



Номер двотавра	Розміри						Площа поперечного перерізу, см ²	Вага 1 м, кг	Довідкові значення по осям						
	h	b	s	t	R	r			X – X				Y – Y		
					Не більше				I _x ,	W _x ,	i _x ,	S _x ,	I _y ,	W _y ,	i _y ,
	мм								см ⁴	см ³	см	см ³	см ⁴	см ³	см
10	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0	9,46	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7	11,50	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4	13,70	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	15,90	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,50	1,70
18	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	18,40	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	21,00	1840	184,0	8,28	104,0	115,0	23,10	2,07
22	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	24,00	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60	2,27
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	27,30	3460	289,0	9,97	163,0	198,0	34,50	2,37
27	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2	31,50	5010	371,0	11,20	210,0	260,0	41,50	2,54

30	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5	36,50	7080	472,0	12,30	268,0	337,0	49,90	2,69
33	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8	42,20	9840	597,0	13,50	339,0	419,0	59,90	2,79
36	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,9	48,60	13380	743,0	14,70	423,0	516,0	71,10	2,89
40	400	155	8,3	13,0	15,0	6,0	72,6	57,00	19062	953,0	16,20	545,0	667,0	86,10	3,03
45	450	160	9,0	14,2	16,0	7,0	84,7	66,50	27696	1231,0	18,10	708,0	808,0	101,00	3,09
50	500	170	10,0	15,2	17,0	7,0	100,0	78,50	39727	1589,0	19,90	919,0	1 043,0	123,00	3,23
55	550	180	11,0	16,5	18,0	7,0	118,0	92,60	55962	2035,0	21,80	1181,0	1356,0	151,00	3,39
60	600	190	12,0	17,8	20,0	8,0	138,0	108,00	76806	2560,0	23,60	1491,0	1725,0	182, 00	3,54

ДОДАТОК 6
Коефіцієнт умов роботи (вибірка з ДБН В. 2.6 - 163:2010)

Елементи конструкцій	Коефіцієнт умов роботи
1. Балки суцільного перерізу і стиснуті елементи ферм перекриттів під залами театрів, клубів, кінотеатрів, під трибунами, під приміщеннями магазинів, книгосховищ і архівів тощо при тимчасовому навантаженні, що не перевищує ваги перекриття	0,90
2. Колони громадських будівель і опор водонапірних башт	0,95
3. Колони одноповерхових виробничих будівель із мостовими кранами	1,05
4. Стиснуті основні елементи (крім опорних), ґратки складеного таврового перерізу з двох кутиків у зварних фермах покриттів і перекриттів при розрахунку на стійкість зазначених елементів із гнучкістю $X > 60$	0,80
5. Затяжки, тяги, відтяжки, підвіски при розрахунку на міцність у перерізі без послаблень	0,90
6. Елементи конструкцій зі сталі з границею текучості до 440 Н/мм, що несуть статичне навантаження, при розрахунку на міцність у перерізі, послабленому отворами для болтів (окрім фрикційних з'єднань)	1,10
7. Стиснуті елементи ґратки просторових ґратчастих конструкцій, виконані з одиночних рівнополичкових кутиків, які прикріплюються однією полицею (для нерівнополичкових кутиків - більшою полицею): а) безпосередньо до поясів за допомогою зварних швів або двох болтів і більше, які влаштовані вздовж кутика: - розкоси; - розпірки; - розкоси б) безпосередньо до поясів за допомогою одного болта або через фасонку незалежно від виду з'єднання	0,90 0,90 0,80 0,75
8. Стиснуті елементи, виконані з одиночних кутиків, які прикріплюються однією полицею (для нерівнополичкових кутиків - меншою полицею), за винятком елементів, наведених у поз.7 цієї таблиці, а також елементів плоских ферм з одиночних кутиків	0,75
9. Опорні плити, виконані зі сталі з границею текучості до 390 Н/мм ² , що несуть статичне навантаження, товщиною, мм:	
а) до 40 включно;	1,20
б) понад 40 до 60 включно;	1,15
в) понад 60 до 80 включно;	1,10
Примітка 1. Коефіцієнти $u_c < 1,0$ при розрахунку не слід враховувати сумісно. Примітка 2. При розрахунку на міцність у перерізі, послабленому отворами для болтів, коефіцієнти, наведені в поз. 6 і 1, 6 і 2, 6 і 5, слід враховувати сумісно. Примітка 3. При розрахунку опорних плит коефіцієнти, наведені в поз. 9 і 2,9 і 3, слід враховувати сумісно. Примітка 4. При розрахунку з'єднань коефіцієнти u_c для елементів, які наведені в поз. 1 і 2, слід враховувати разом із коефіцієнтом умов роботи з'єднання у Примітка 5. У випадках, не обумовлених цими Нормами, у розрахункових формулах слід приймати $u_c - 1,0$.	

ДОДАТОК 7

Граничні гнучкості елементів [λ] (вибірка з ДБН В. 2.6 - 163:2010)

Елементи конструкцій	При стисканні	При розтяганні і дії навантажень		
		статичних	динамічних	кранів особливого режиму роботи
Основні колони	120	-	-	-
Другорядні колони (стійки фахверку, ліхтарів тощо), елементи гратки колон, елементи вертикальних в'язей між колонами (нижче балок кранових колій)	150	-	-	-
Пояси, опорні розкоси і стійки плоских ферм і структур, що передають опорні реакції	120	400	250	250
Інші елементи ферм і структур	150	400	350	300
Нижні пояси підкранових балок і ферм	-	-	-	150
Елементи вертикальних в'язей між колонами (нижче підкранових балок)	150	300	300	200
Інші елементи в'язей	200	400	400	300
Стержні, які служать для зменшення розрахункової довжини стиснутих стержнів, та інші неробочі елементи	200	-	-	-
Верхні пояси кроквяних ферм у процесі монтажу (граничну гнучкість після завершення монтажу)	200	-	-	-

ДОДАТОК 8

Коефіцієнт поздовжнього згинання φ (вибірка з ДБН В. 2.6 - 163:2010)

Гнучкість λ	Значення φ для елементів з розрахунковим опором R_y , МПа									
	220	230	240	250	260	270	280	300	320	360
120	0,449	0,434	0,419	0,405	0,392	0,379	0,366	0,343	0,321	0,287
125	0,421	0,406	0,391	0,378	0,365	0,352	0,340	0,319	0,298	0,267
130	0,394	0,379	0,364	0,351	0,338	0,326	0,313	0,295	0,276	0,247
135	0,370	0,354	0,340	0,327	0,315	0,304	0,292	0,275	0,258	0,231
140	0,346	0,330	0,315	0,304	0,293	0,282	0,272	0,256	0,240	0,215
145	0,324	0,309	0,295	0,285	0,275	0,265	0,255	0,240	0,225	0,202
150	0,302	0,289	0,276	0,267	0,258	0,248	0,239	0,225	0,211	0,189

ДОДАТОК 9

Механічні властивості листового та широкоштабового універсального прокату та заготовок для гнутих профілів (вибірка з ДСТУ 9539:2015)

Назва сталі	Товщина, мм	Механічні властивості											
		Границя плинності σ_T , Н/мм ²	Тимчасовий опір σ_0 , Н/мм ²	Відносне видовження	Ударна в'язкість, ДЖ/см ² , не менше ніж							КСУ після механічного старіння	
					КСУ		КСУ			КСУ після механічного старіння			
					за температури, °С								
					-20	-40	-70	0	-20		-40		-70
		не менше ніж			-20	-40	-70	0	-20	-40	-70	+20	
С235	Від 2,0 до 3,9 включ. 4,0	235	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		235	360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
С245	Від 2,0 до 3,9 включ. > 4,0>30>	245	370	20	-	-	-	-	-	-	-	-	
		235	370	24	29	-	-	34	-	-	-	29	
С255	Від 2,0 до 3,9 включ. > 4,0>10> Понад 10>20> >20>40>	255	380	20	-	-	-	-	-	-	-	-	
		245	380	25	29	29	-	34	34	-	-	29	
		245	370	25	29	29	-	34	34	-	-	29	
		235	370	25	29	29	-	34	34	-	-	29	
С345	Від 2,0 до 3,9 включ. >4,0>10> >10>20> >20>40> >40>60> >60>80> >80>160>	345	490	21	-	-	-	-	-	-	-	-	
		345	490	21	-	39	34	-	34	34	-	29	
		325	470	21	-	34	29	-	34	34	-	29	
		305	460	21	-	34	29	-	34	34	-	29	
		285	450	21	-	34	29	-	34	34	-	29	
		275	440	21	-	34	29	-	34	34	-	29	
		265	430	21	-	34	29	-	34	34	-	29	
С345К	Від 4,0 до 10 включ.	345	470	20	-	39	-	-	-	-	-		
С355	Від 8,0 до 16 включ. Понад 16>40> >40>60> >60>80>	355	470	21	-	-	-	-	34	34	-	-	
		345	470	21	-	-	-	-	34	34	-	-	
		335	470	21	-	-	-	-	34	34	-	-	
		325	460	21	-	-	-	-	34	34	-	-	

	>80>100>	315	460	21	-	-	-	-	34	34	-	-
	>100>160>	295	460	21	-	-	-	-	34	34	-	-
С355-1	Від 8,0 до 16 включ.	355	470	21	-	34	34	-	34	34	-	-
	Понад 16>40>	345	470	21	-	34	34	-	34	34	-	-
	>40>50>	335	470	21	-	34	34	-	34	34	-	-
С355К	Від 8,0 до 16 включ.	355	470	21	-	34	34	-	34	34	-	-
	Понад 16>40>	345	470	21	-	34	34	-	34	34	-	-
	>40>50>	335	470	21	-	34	34	-	34	34	-	-
С355П	Від 8,0 до 16 включ.	355	470	21	-	-	-	-	34	34	-	-
	Понад 16>40>	345	470	21	-	-	-	-	34	34	-	-
С390-1	Від 8,0 до 50 включ.	390	520	20	-	-	-	-	-	34	34	-
С390	>8,0>50>	390	520	20	-	-	-	-	-	34	29	-
С440	>8,0>50>	440	540	20	-	-	-	-	-	66	66	-
С550	>8,0>50>	540	640	17	-	-	-	-	-	66	66	-
С590	>8,0>40>	590	685	14	-	-	-	-	-	66	66	-