

# РОЗРАХУНОК СТИСНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, АРМОВАНИХ ЖОРСКОЮ АРМАТУРОЮ

## Мета дослідження

**Метою дослідження** є визначення доцільності та ефективності використання залізобетонних конструкцій з жорсткою арматурою.

**Об'єктом дослідження** є стиснуті елементи несучих конструкцій будівель та споруд; теоретичні та практичні особливості розрахунку залізобетонних елементів, армованих жорсткою та гнучкою арматурою.

**Предметом дослідження** є напружено-деформованих стан стиснутих залізобетонних елементів несучих конструкцій будівель та споруд.

**Методи дослідження** полягають в аналізі та порівнянні результатів розрахунку стиснутих залізобетонних елементів з різними видами армування.

## Задачі досліджень

Відповідно до поставленої мети були сформульовані наступні задачі досліджень:

- виявлення особливостей розрахунку залізобетонних елементів, армованих жорсткою арматурою;
- аналіз та порівняння результатів розрахунків несучих елементів конструкцій;
- дослідження можливості використання електронних обчислювальних програмних комплексів для використання у розрахунках ;
- рекомендації щодо використання жорсткої арматури для армування несучих конструкцій будівель та споруд.

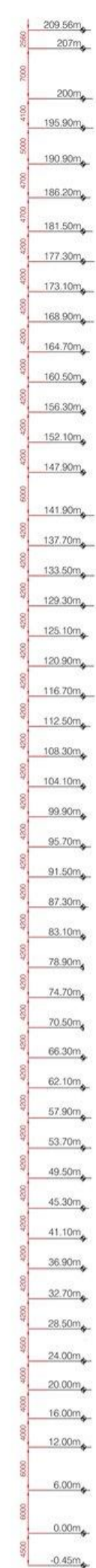
АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Розрахунок стиснутих залізобетонних елементів, армованих жорсткою арматурою					
Зм.	Кільк.	Арк.	№доку.	Підпис	Дата
Розробив	Широкий				
Керівник	Скорук				
Консультант	Скорук				
Н.контроль	Скорук				
Зав. каф.	Барашиков				

Стадія	Лист	Листів
	1	10

КНУБА  
кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій

Тема, мета, задачі

# БУДІВНИЦТВО БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ У МІСТІ КИЄВІ



Багатофункціональний комплекс «Sky towers» — комплекс хмарочосів «преміум-класу», з баштами 47, 34 і 2 поверхів, висотою 209,56 метрів у Києві.



Висота комплексу в результаті нерівного рельєфу коливається від 210 до 214 метрів.



АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Розрахунок стиснутих залізобетонних елементів, армованих жорсткою арматурою					
Зм.	Кільк.	Арк.	Модок.	Підпис	Дата
Розробив	Широкий				
Керівник	Скорук				
Консультант	Скорук				
Н.контроль	Скорук				
Зав. каф.	Барашиков				
				Стадія	Лист
				2	10
Багатоповерхова будівля				КНУБА кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій	

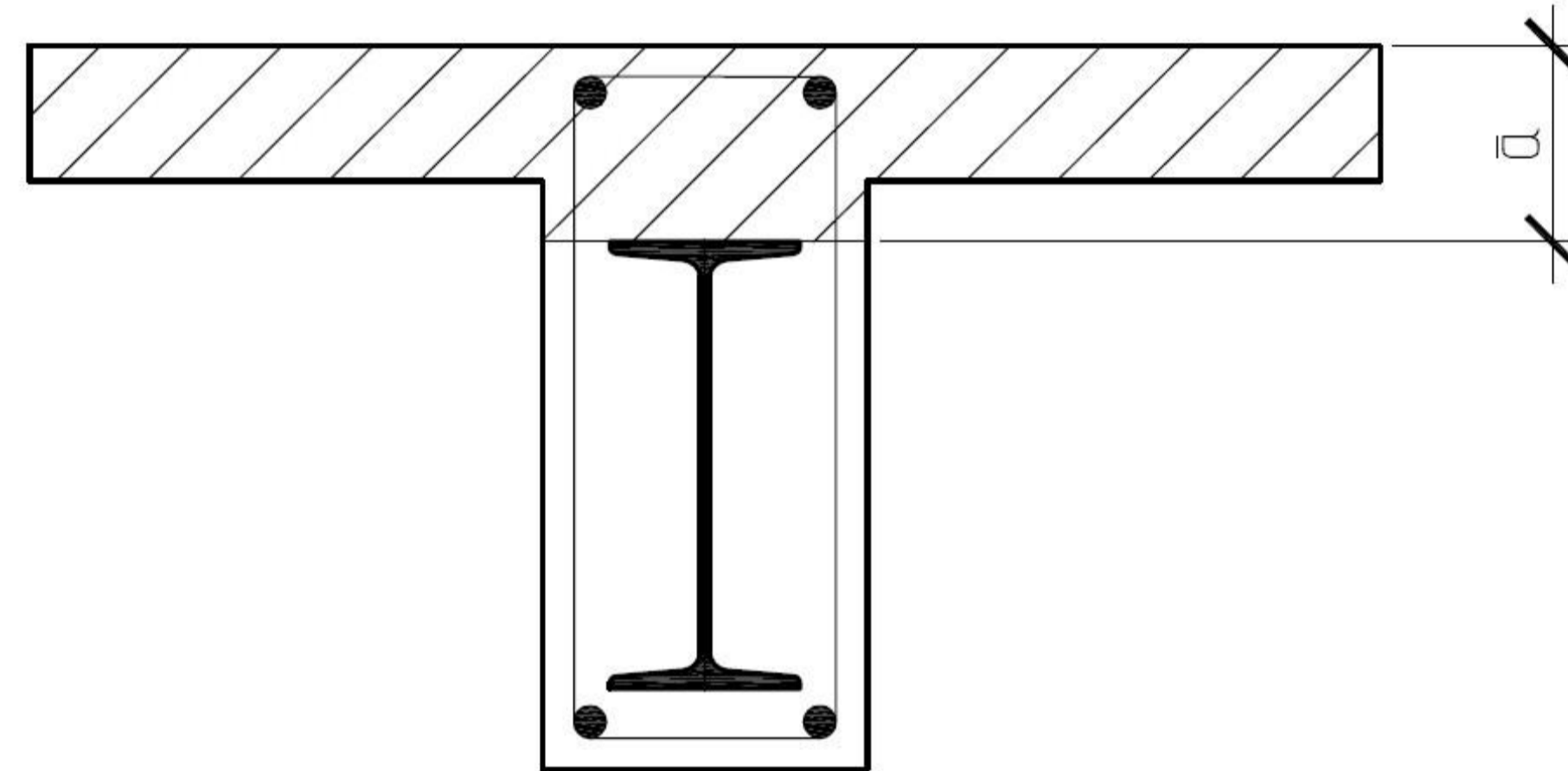
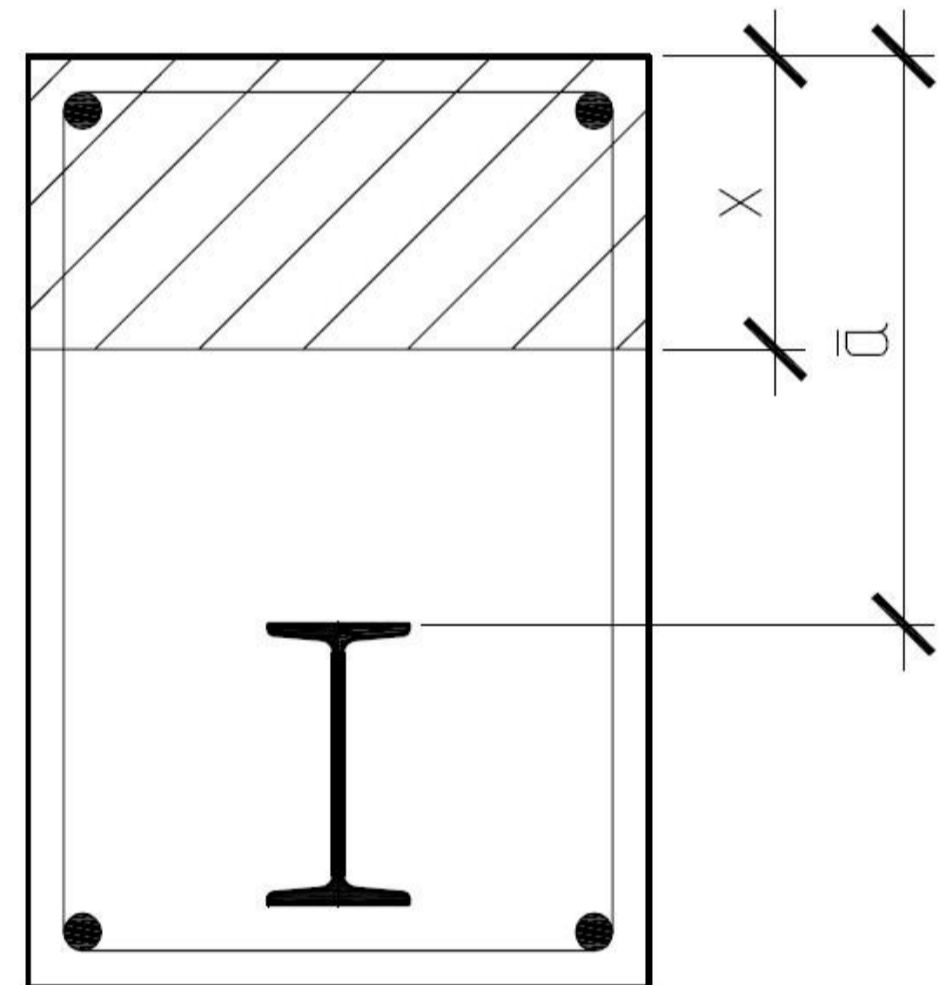
# РОЗРАХУНОК ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ЖОРСТКОЮ АРМАТУРОЮ

## ЗГИНАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ

## СТИСНУТІ ЕЛЕМЕНТИ

### ПРЯМОКУТНОГО ПЕРЕРІЗУ

### ТАВРОВОГО ПЕРЕРІЗУ



Нейтральна вісь не перетинає профіль жорсткої арматури

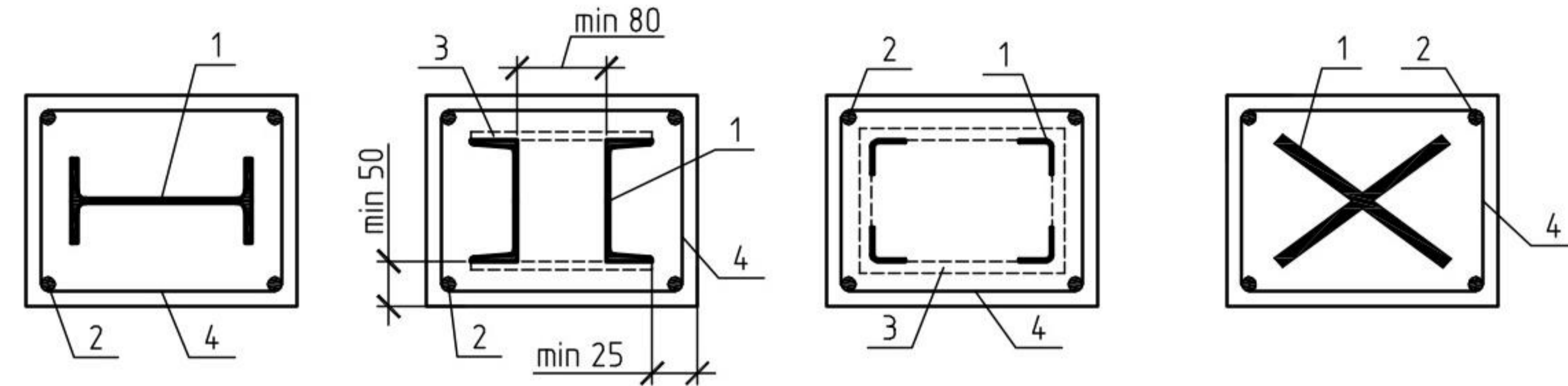
Нейтральна вісь перетинає стінку профілю жорсткої арматури

Нейтральна вісь перетинає полицю профілю жорсткої арматури

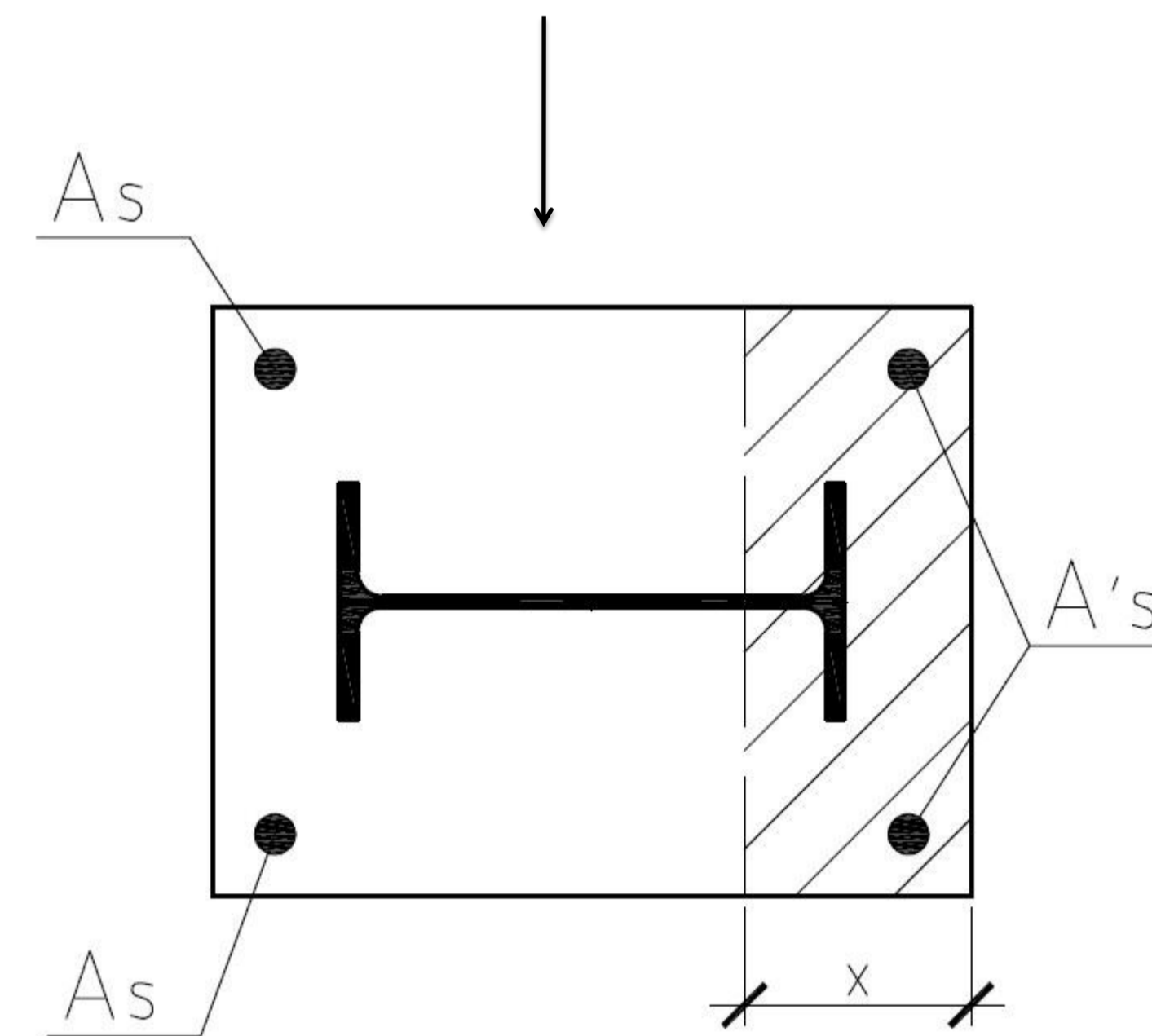
$$x < \bar{a}$$

$$x > \bar{a}$$

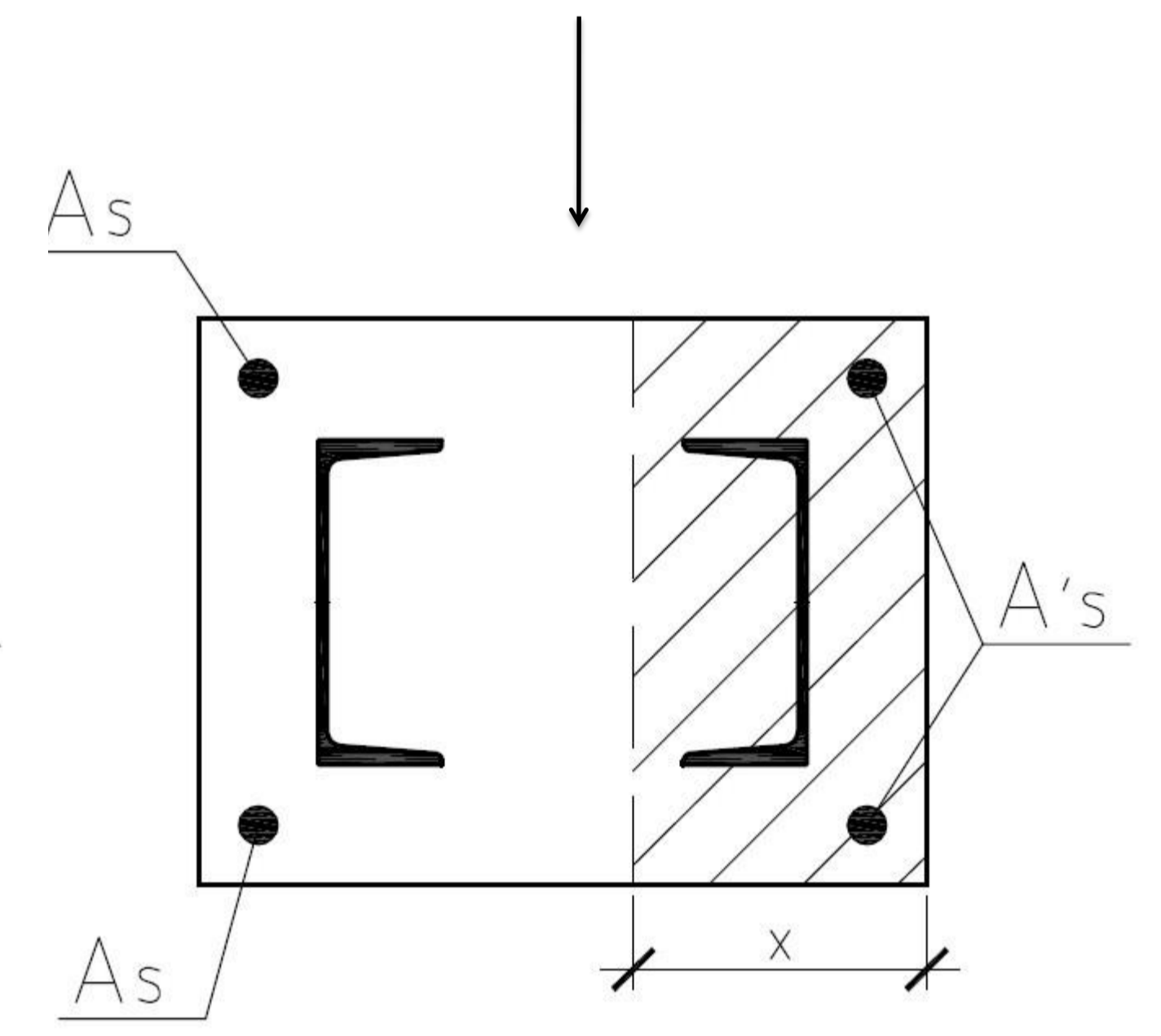
$$x = \bar{a}$$



1 — арматура жорстка; 2 — арматура гнучка; 3 — планка; 4 — хомут



Жорстка арматура у вигляді симетричного профілю, стінка якого розташована паралельно площині дії згинального моменту

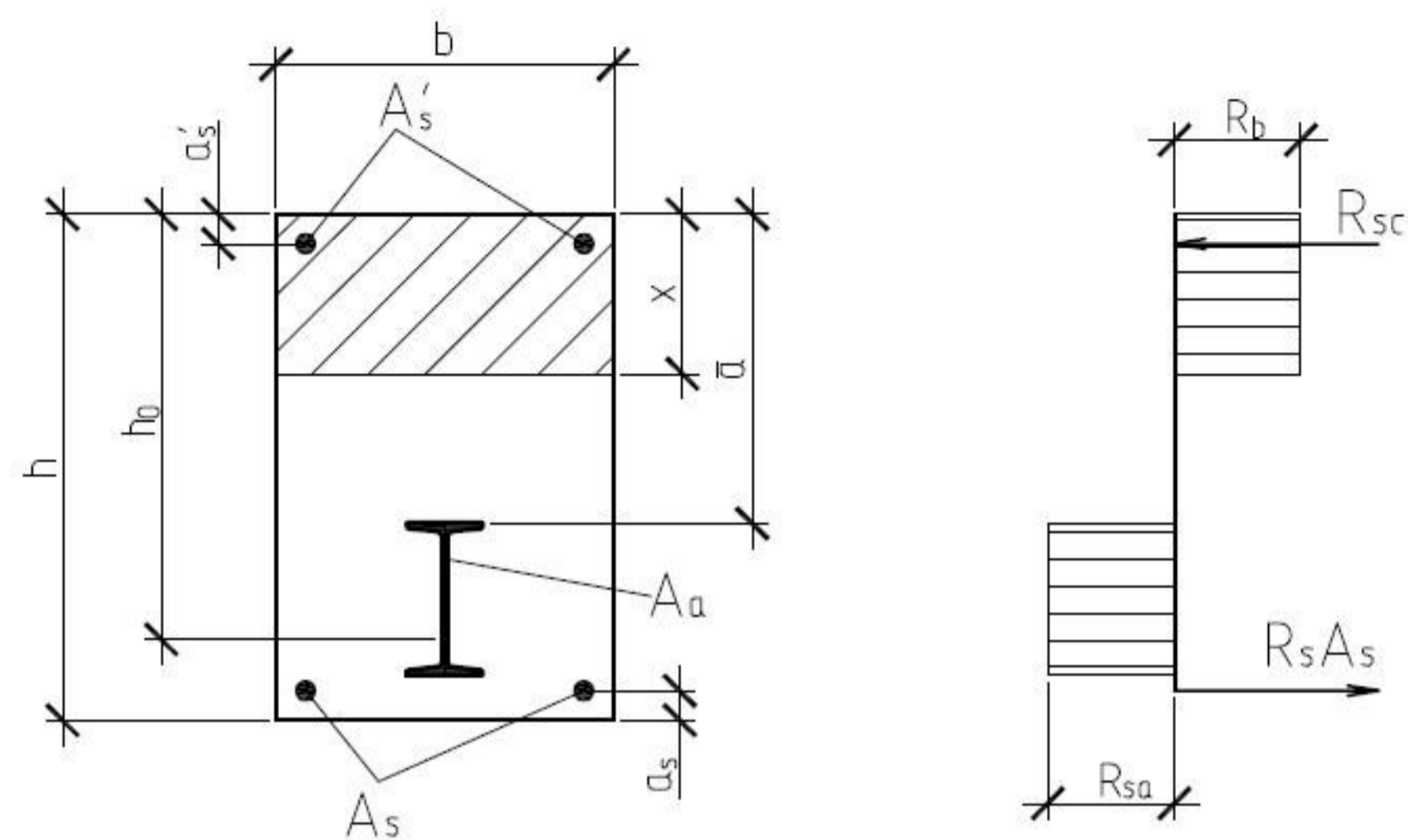


Жорстка і гнучка арматура зосереджена біля розтягнутої і стиснутої граней

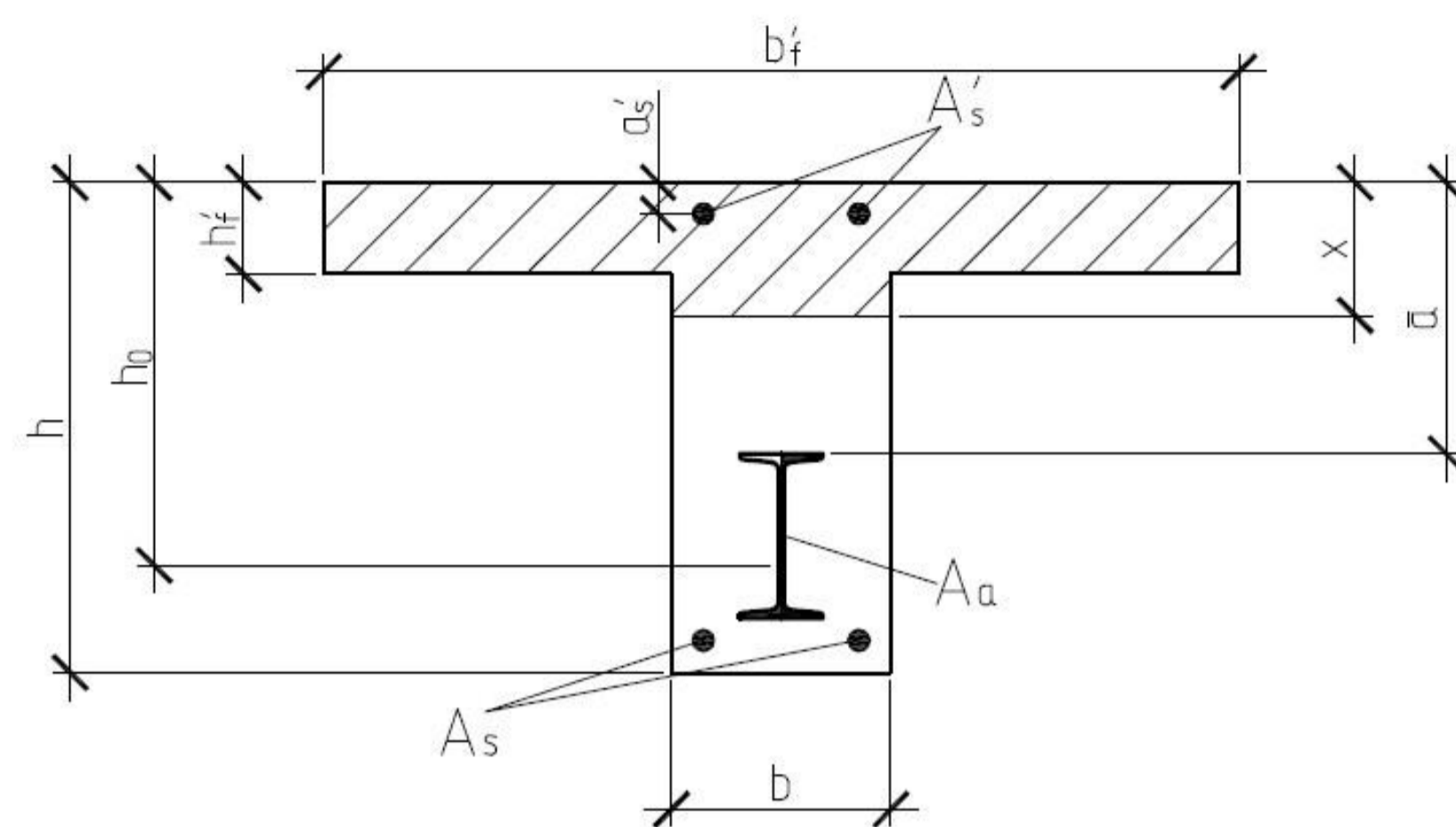
АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Розрахунок стиснутих залізобетонних елементів, армованих жорсткою арматурою					
Зм.	Кільк.	Арк.	Модок.	Підпис	Дата
Розробив	Широкий				
Керівник	Скорук				
Консультант	Скорук				
Н.контроль	Скорук				
Зав. каф.	Барашиков				
				Стадія	Лист
					10
Розрахунок залізобетонних елементів з жорсткою арматурою					КНУБА кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій

# РОЗРАХУНОК ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ЖОРСТКОЮ АРМАТУРОЮ

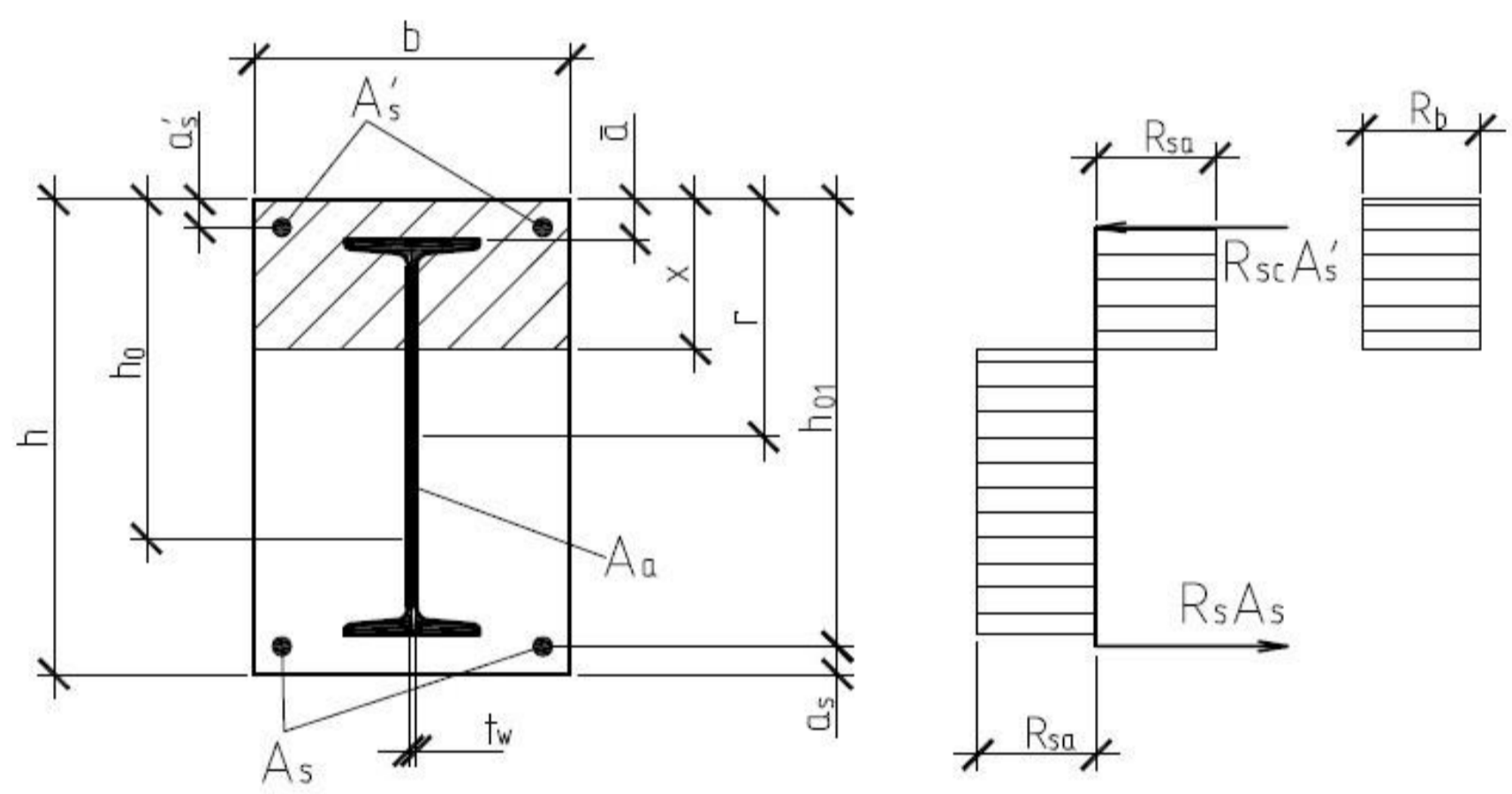
## ЗГИНАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ



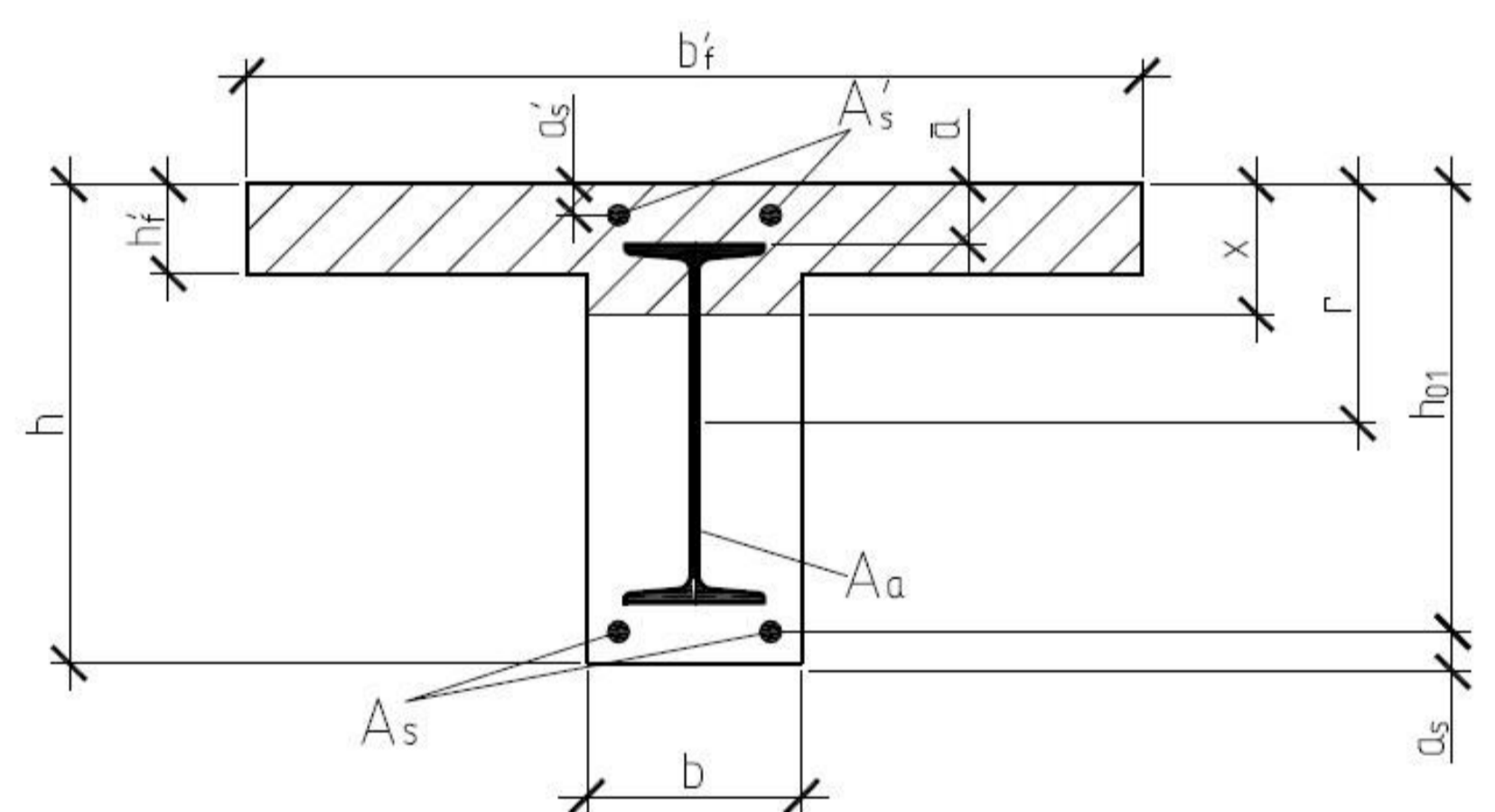
$$x = \frac{R_{sa} A_a + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b} \leq \bar{a}$$



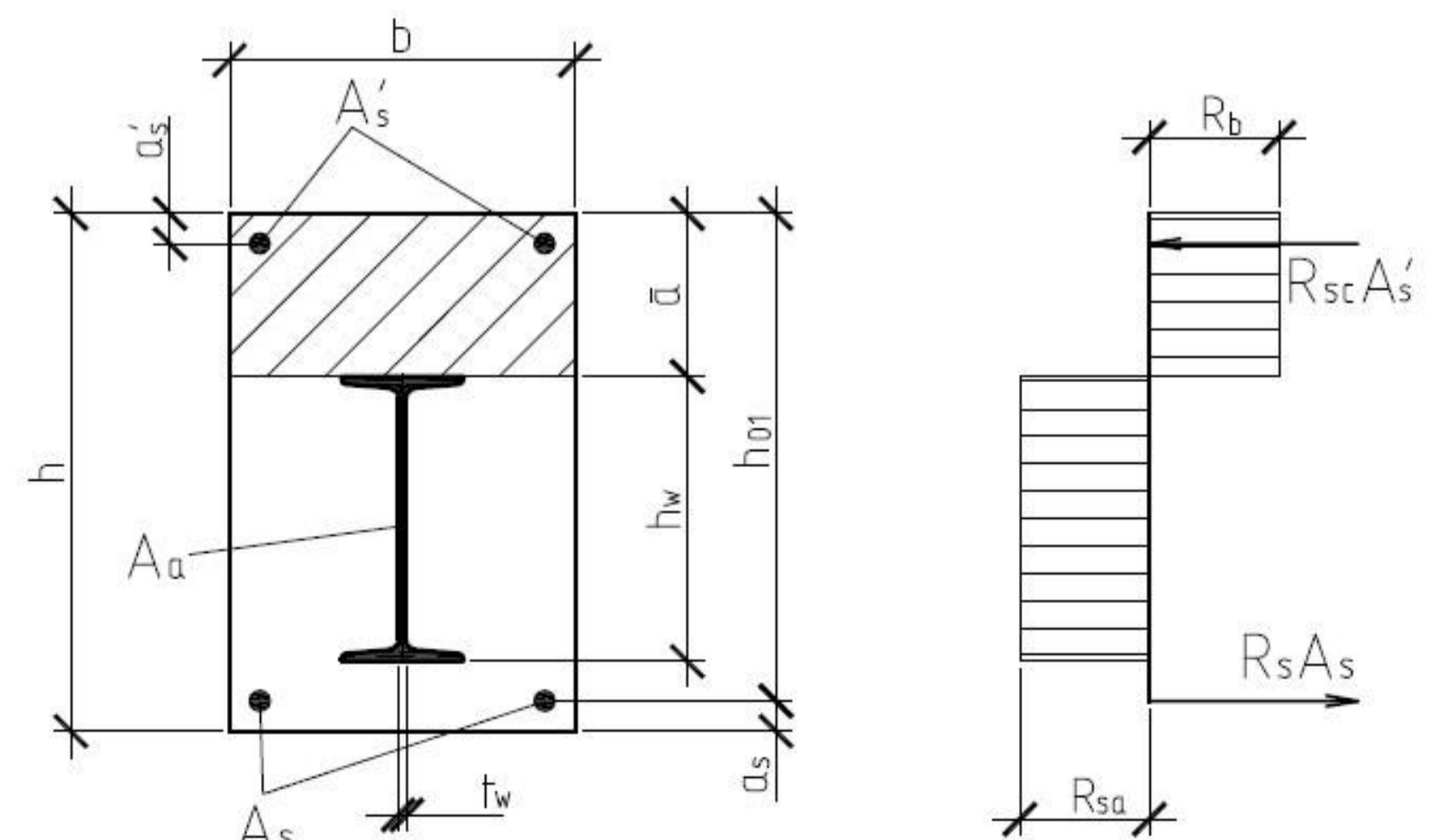
$$x = \frac{R_{sa} A_a + R_s A_s - R_{sc} A'_s - R_b (b'_f - b) h'_f}{R_b} \leq \bar{a}$$



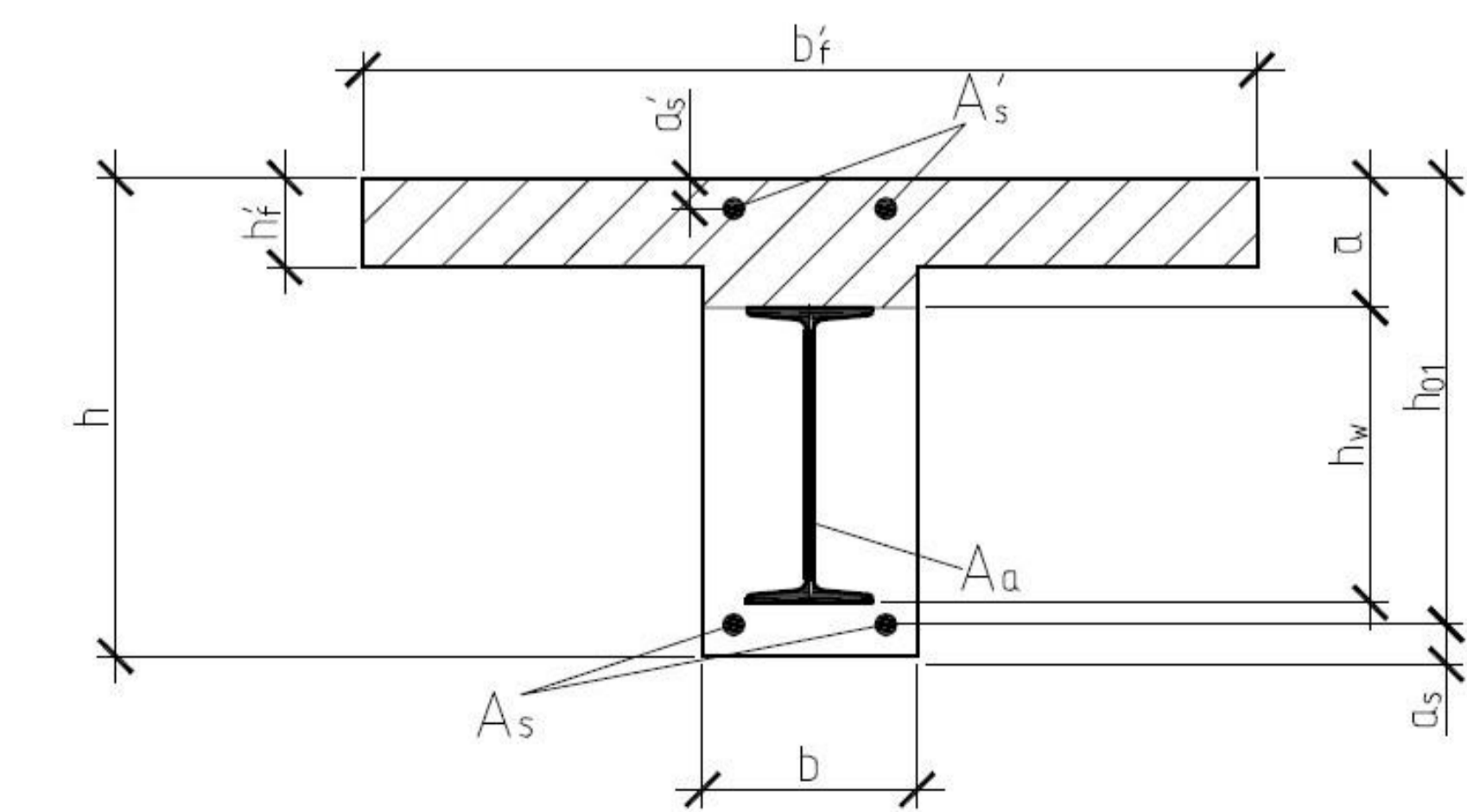
$$x = \frac{2R_{sa} r t_w + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b + 2R_{sa} t_w} \leq \bar{a}$$



$$x = \frac{2R_{sa} r t_w + R_s A_s - R_{sc} A'_s - R_b (b'_f - b) h'_f}{R_b b + 2R_{sa} t_w} > a$$

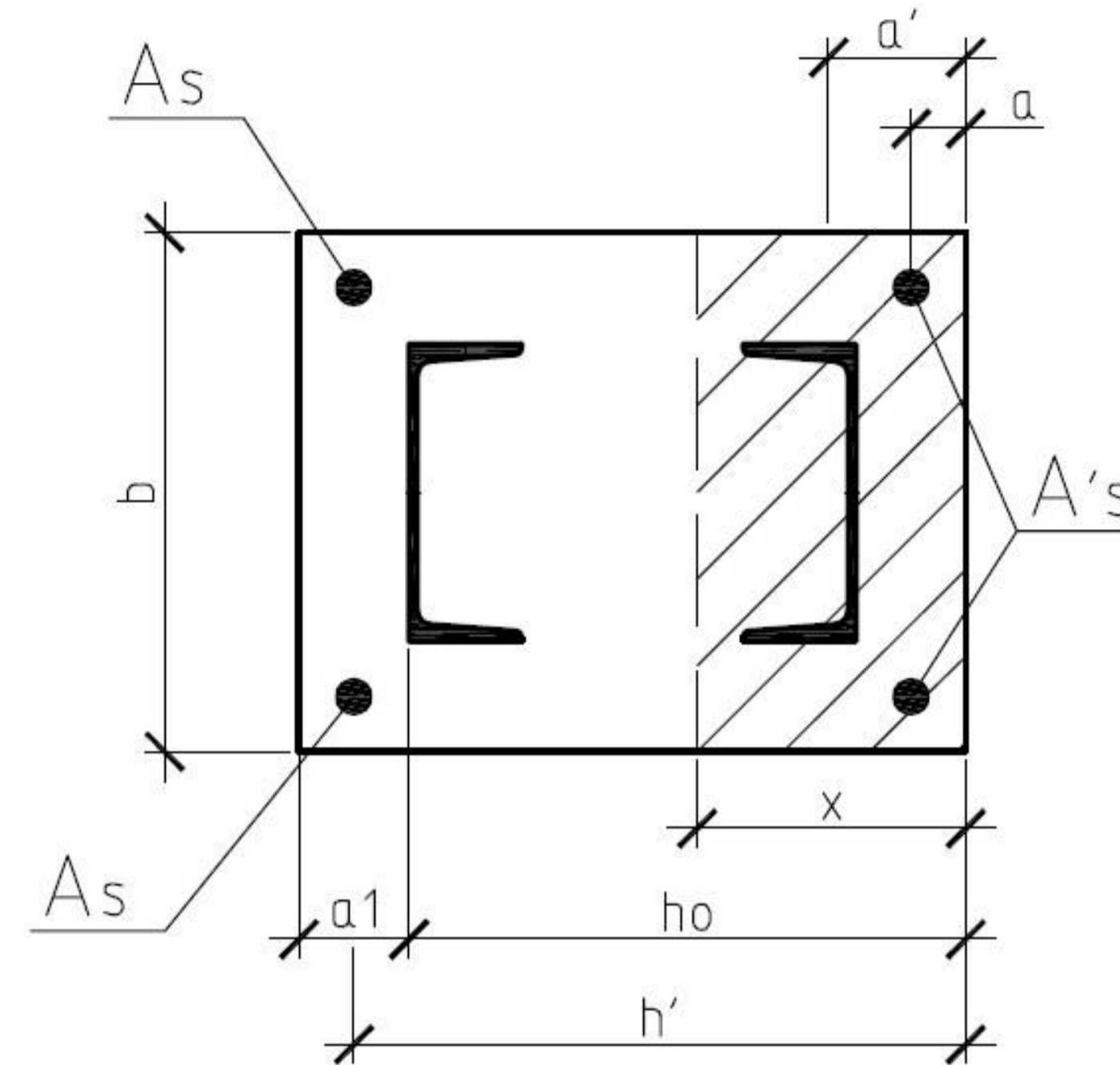


$$x = \bar{a}$$

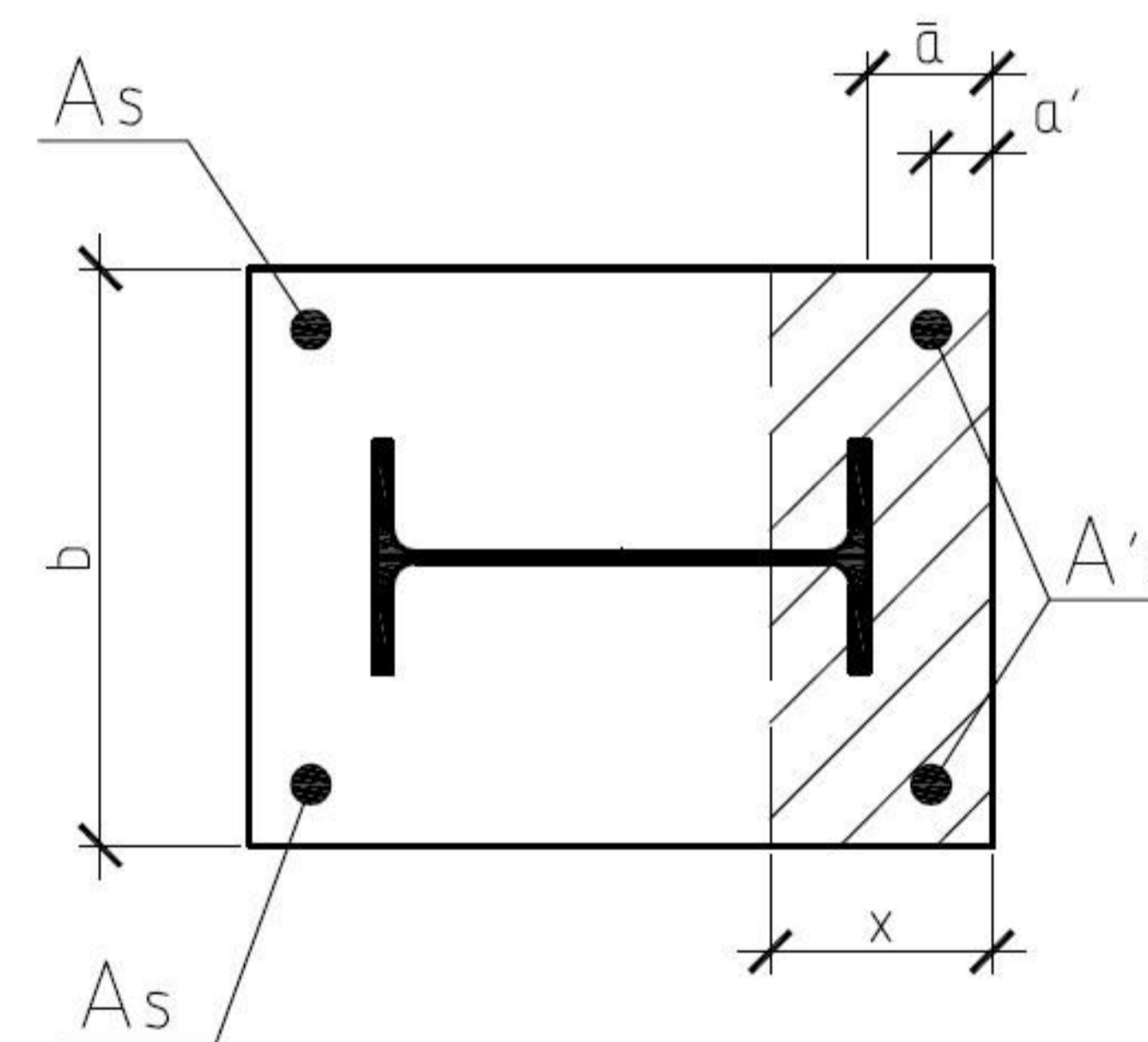


$$x = \bar{a}$$

## СТИСНУТІ ЕЛЕМЕНТИ



$$x = \frac{N - (R_{ac} - R_b) A'_a - R_{sc} A'_s (1 - \xi_R) + (R_a A_a + R_s A_s) (1 + \xi_R)}{R_b b h_0 (1 - \xi_R) + 2(R_a A_a + R_s A_s)}$$



$$x = \frac{N - R_{sc} A'_s + 2R_a d r + R_{sc} A'_s + R_a A'_a}{R_b b + 2R_a d}$$

АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Розрахунок стиснутих залізобетонних елементів, армованих жорсткою арматурою					
Зм.	Кільк.	Арк.	Модок.	Підпис	Дата
Розробив	Широкий				
Керівник	Скорук				
Консультант	Скорук				
Н.контроль	Скорук				
Зав. каф.	Барашников				

Стадія	Лист	Листів
	4	10

Розрахунок залізобетонних елементів з жорсткою арматурою

кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій

КНУБА

# СТИСНУТІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ ЕЛЕМЕНТИ З ЖОРСТКОЮ АРМАТУРОЮ

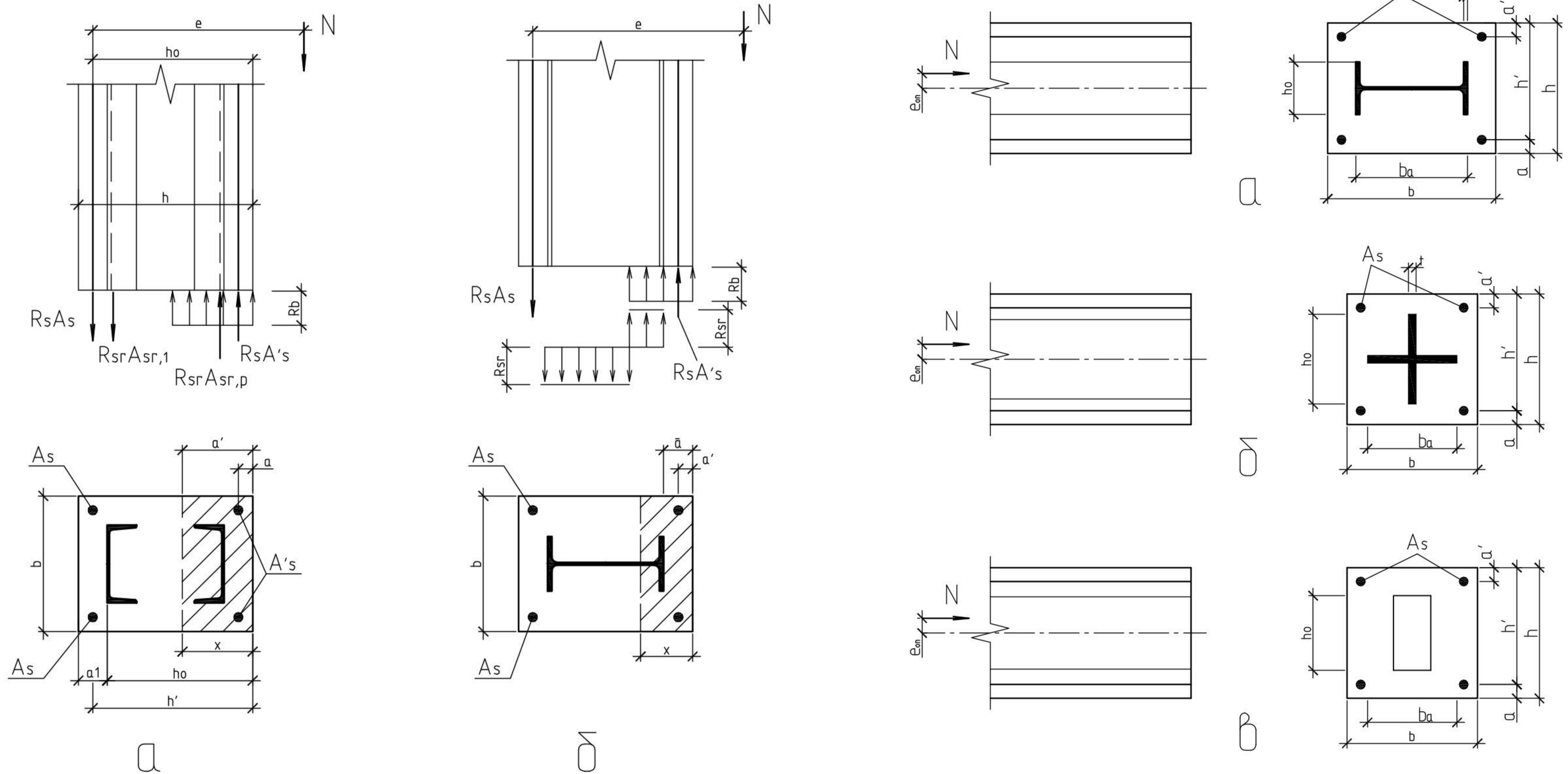


Схема розподілу зусиль у прямокутному перерізі стиснутого елемента:

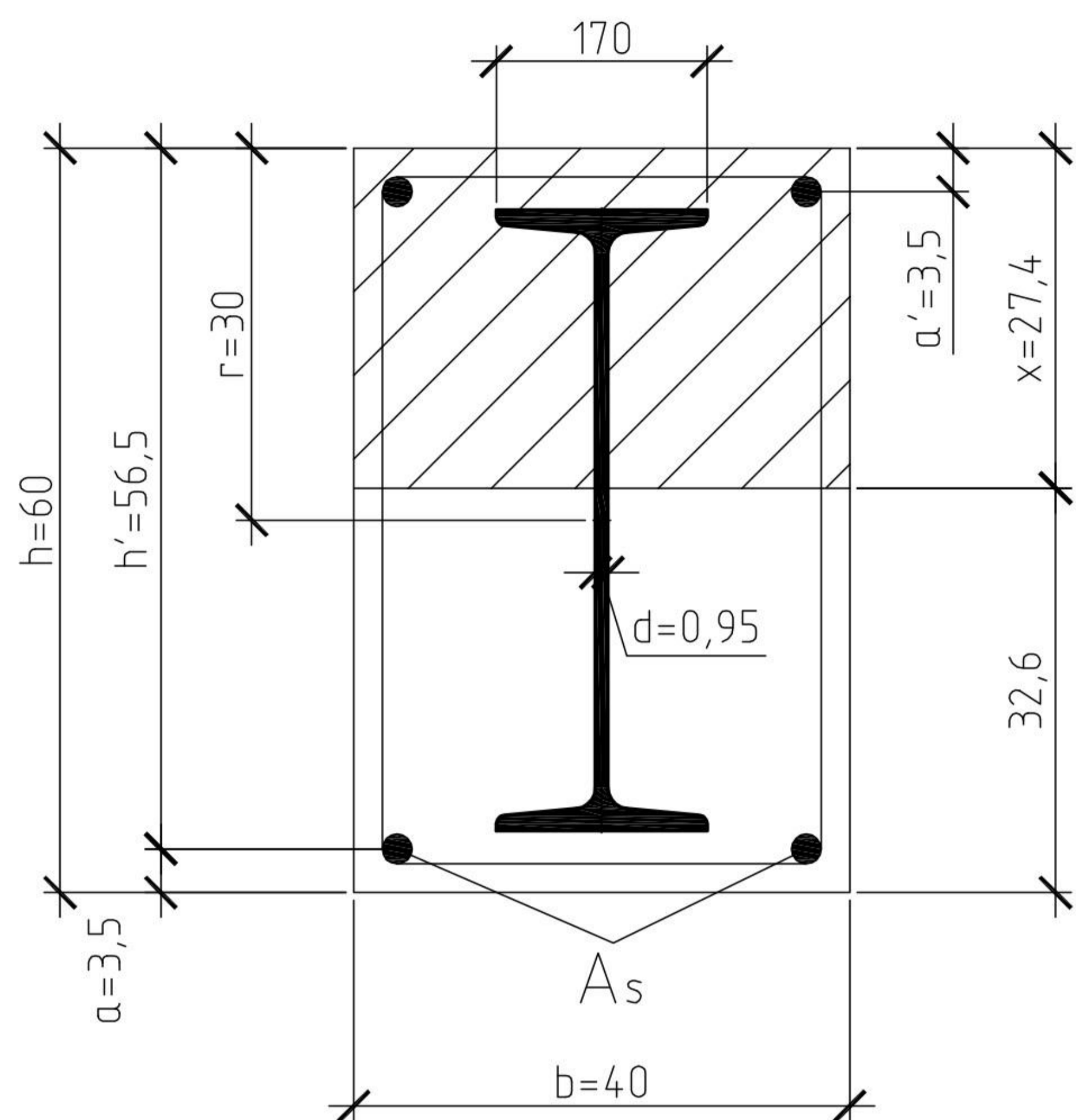
а – з жорсткою і гнучкою арматурою зосередженої біля розтягнутої і стиснутої граней; б – з жорсткою арматурою у вигляді симетричного профілю, стінка якого розташована паралельно площині дії згинального моменту.

Прямокутні перерізи з жорсткою арматурою:  
 а – з профілю, стінка якого розташована перпендикулярно до площини дії згинального моменту; б – хрестового перерізу; в – у вигляді осердя із штаби або пакету штаб (ядрове армування).

АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Розрахунок стиснутих залізобетонних елементів, армованих жорсткою арматурою					
Зм.	Кільк.	Арк.	Модок.	Підпис	Дата
Розробив	Широний				
Керівник	Скорук				
Консультант	Скорук				
Н.контроль	Скорук				
Зав. каф.	Барашиков				
				Стадія	Лист
				5	10
Стиснуті залізобетонні елементи з жорсткою арматурою				КНУБА кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій	

Розрахунок колони рамного каркасу з використанням різних профілів жорсткої арматури

- Розрахункова довжина колони: 6000 мм
- Бетон класу B25
- Гнучка арматура із сталі класу A400C та площею перерізу  $22,6 \text{ cm}^2$  ( $2 \varnothing 12$ )



• **Жорстка арматура** у вигляді двотавра №50 із сталі класу C235

• Площа перерізу жорсткої арматури  
 $A_a = 97,8 \text{ cm}^2$

• Площа перерізу гнучкої арматури  
 $A_s = 4,52 \text{ cm}^2$

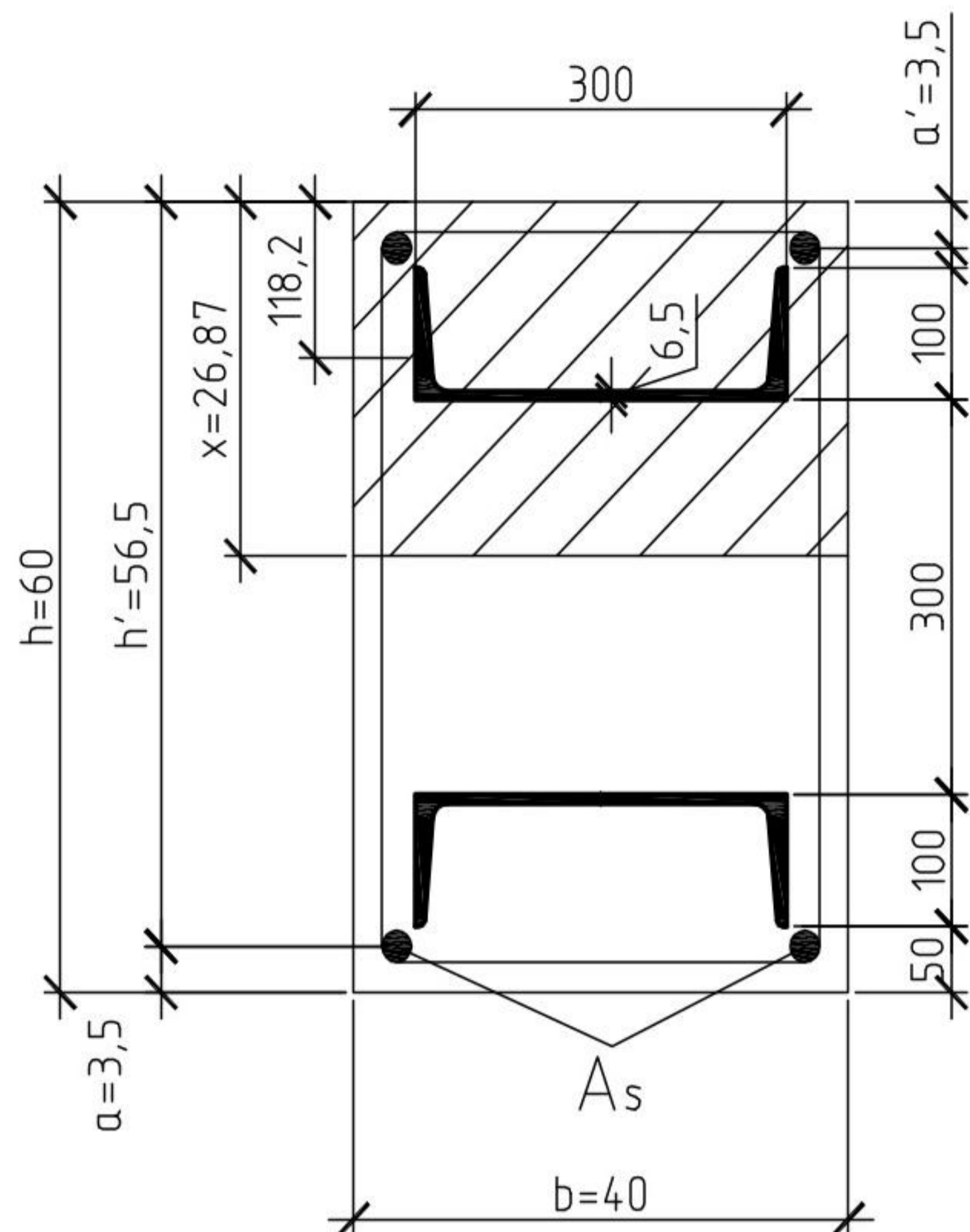
• Площа зведеного перерізу  
 $A_{red} = 3037 \text{ cm}^2$

• Момент інерції жорсткої арматури  
 $I_a = 39290 \text{ cm}^4$

• Момент інерції зведеного перерізу  
 $I_{red} = 983940 \text{ cm}^4$

• Висота стиснутої зони  
 $x = 280,1 \text{ mm}$

Процент армування перерізу: 5,02 %



• **Жорстка арматура** у вигляді двох швелерів №30 із сталі класу C235

• Площа перерізу жорсткої арматури  
 $A_a = 81 \text{ cm}^2$

• Площа перерізу гнучкої арматури  
 $A_s = 4,52 \text{ cm}^2$

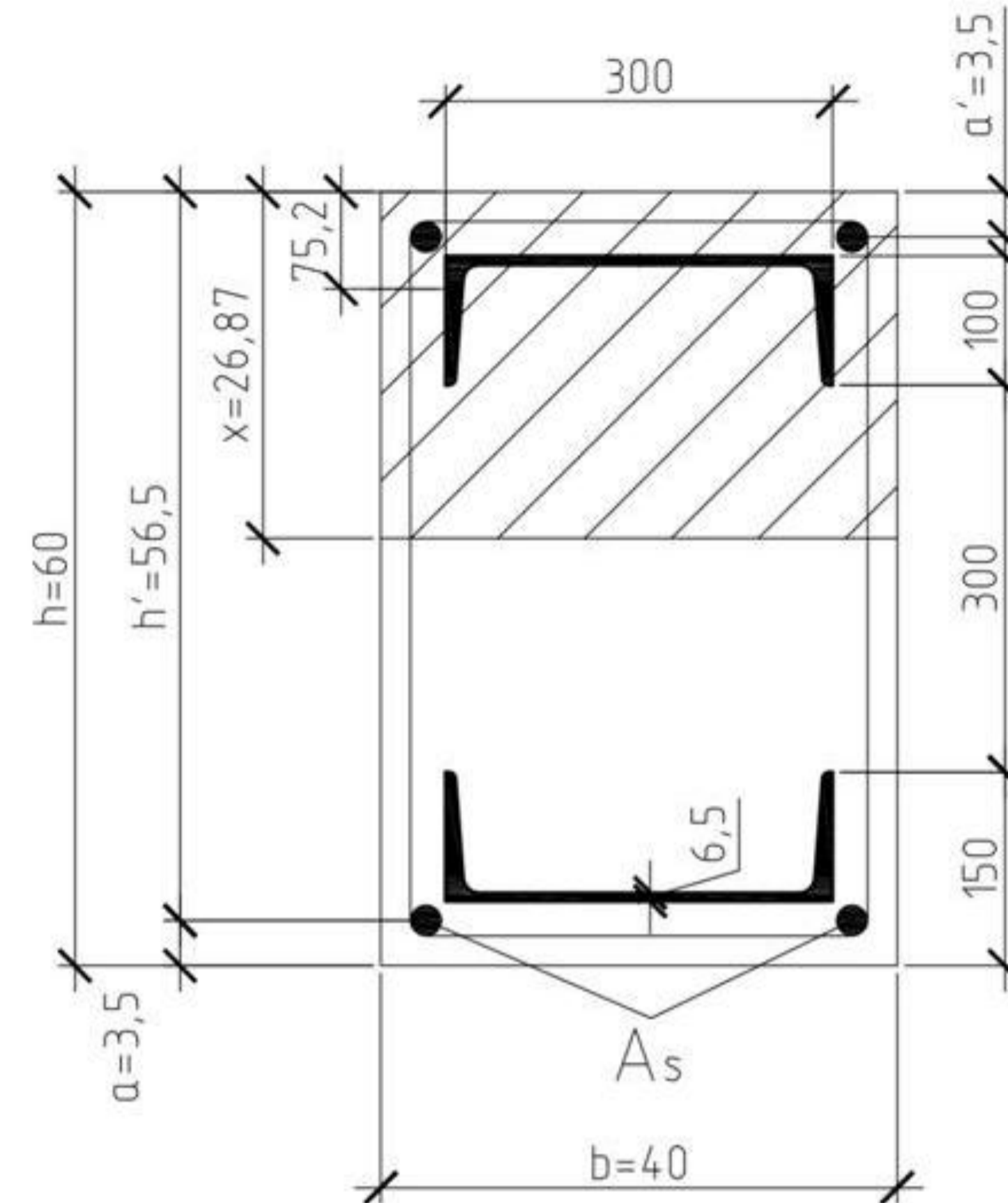
• Площа зведеного перерізу  
 $A_{red} = 2932 \text{ cm}^2$

• Момент інерції жорсткої арматури  
 $I_a = 25517 \text{ cm}^4$

• Момент інерції зведеного перерізу  
 $I_{red} = 897980 \text{ cm}^4$

• Висота стиснутої зони  
 $x = 268,7 \text{ mm}$

Процент армування перерізу: 4,32 %



• **Жорстка арматура** у вигляді двох швелерів №30 із сталі класу C235

• Площа перерізу жорсткої арматури

$$A_a = 81 \text{ cm}^2$$

• Площа перерізу гнучкої арматури

$$A_s = 4,52 \text{ cm}^2$$

• Площа зведеного перерізу

$$A_{red} = 2932 \text{ cm}^2$$

• Момент інерції жорсткої арматури

$$I_a = 41587 \text{ cm}^4$$

• Момент інерції зведеного перерізу

$$I_{red} = 998280 \text{ cm}^4$$

• Висота стиснутої зони

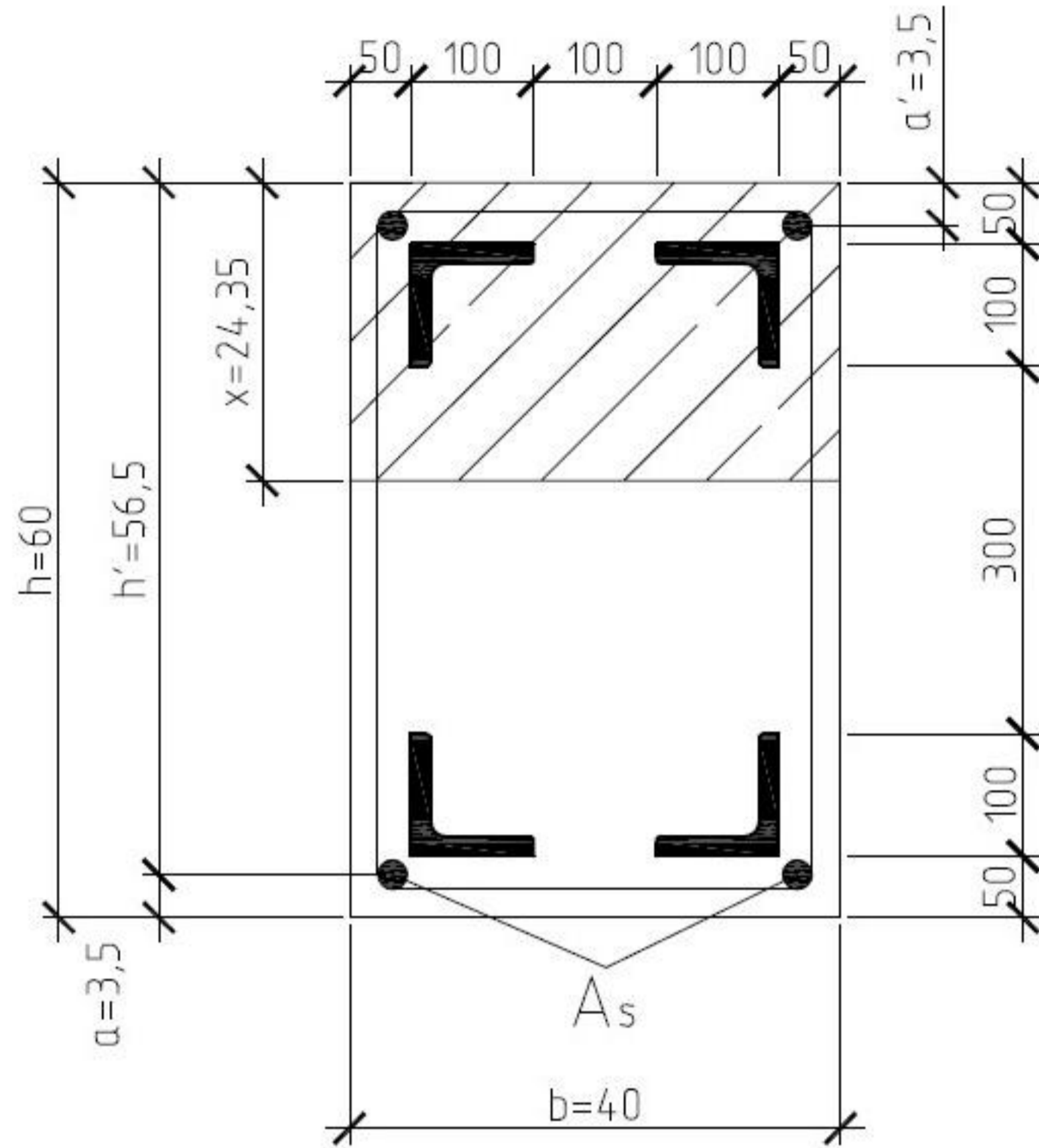
$$x = 268,7 \text{ mm}$$

Процент армування перерізу: 4,32 %

АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Розрахунок стиснутих залізобетонних елементів, армованих жорсткою арматурою					
Зм.	Кільк.	Арх.	Модок.	Підпис	Дата
Розробив	Широкий				
Керівник	Скорук				
Консультант	Скорук				
Н.контроль	Скорук				
Зав. каф.	Барашиков				
				Стадія	Лист
					10
Розрахунок колони рамного каркасу				КНУБА кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій	

Розрахунок колони рамного каркасу з використанням різних профілів жорсткої арматури

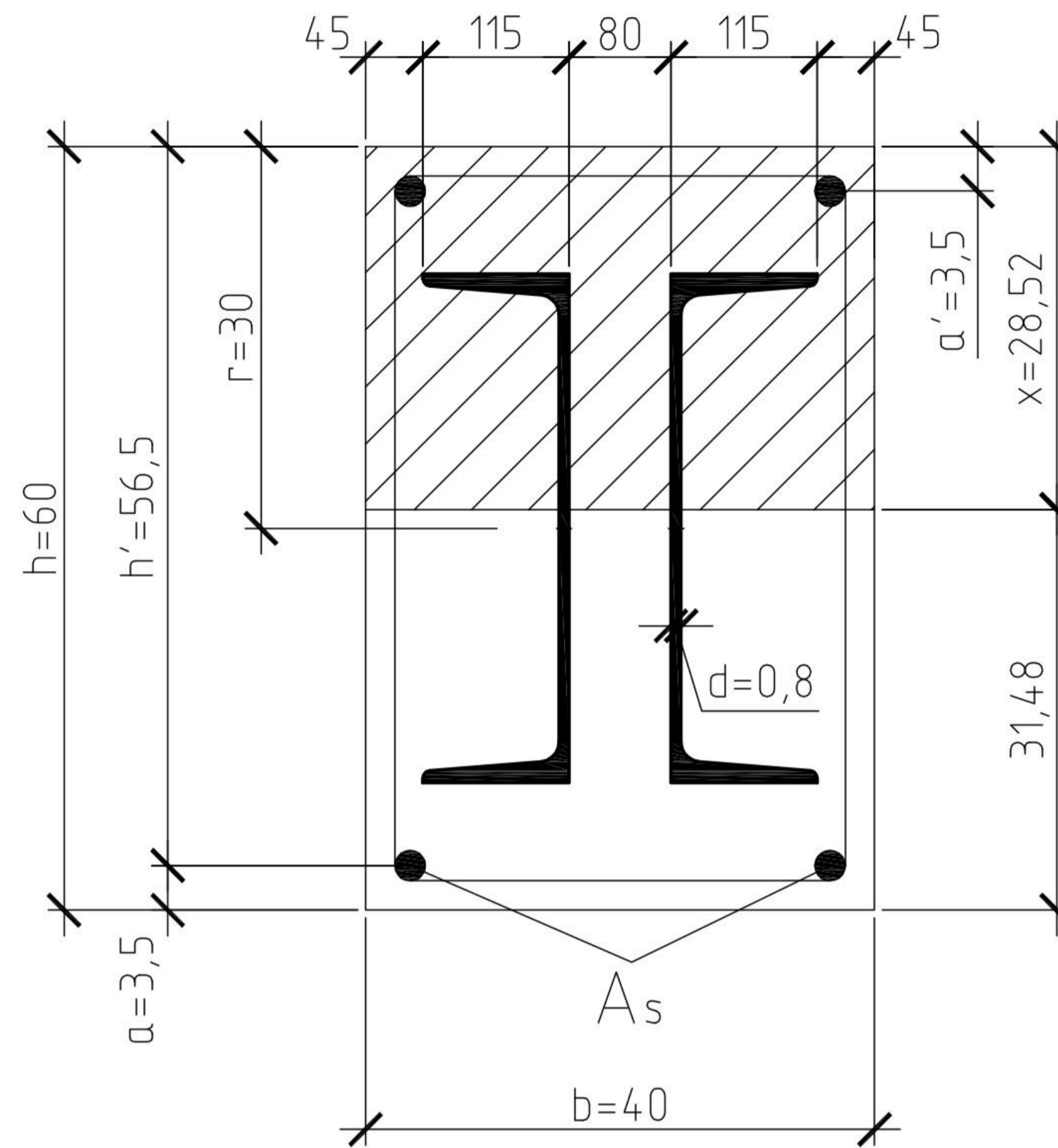
- Розрахункова довжина колони: 6000 мм
- Бетон класу B25
- Гнучка арматура із сталі класу A400C та площею перерізу  $22,6 \text{ cm}^2$  ( $2 \varnothing 12$ )



• **Жорстка арматура** у вигляді чотирьох кутиків №100x16 із сталі класу C235

- Площа перерізу жорсткої арматури  $A_a = 118,8 \text{ cm}^2$
- Площа перерізу гнучкої арматури  $A_s = 4,52 \text{ cm}^2$
- Площа зведеного перерізу  $A_{red} = 3168 \text{ cm}^2$
- Момент інерції жорсткої арматури  $I_a = 58182 \text{ cm}^4$
- Момент інерції зведеного перерізу  $I_{red} = 1101900 \text{ cm}^4$
- Висота стиснутої зони  $x = 273,47 \text{ mm}$

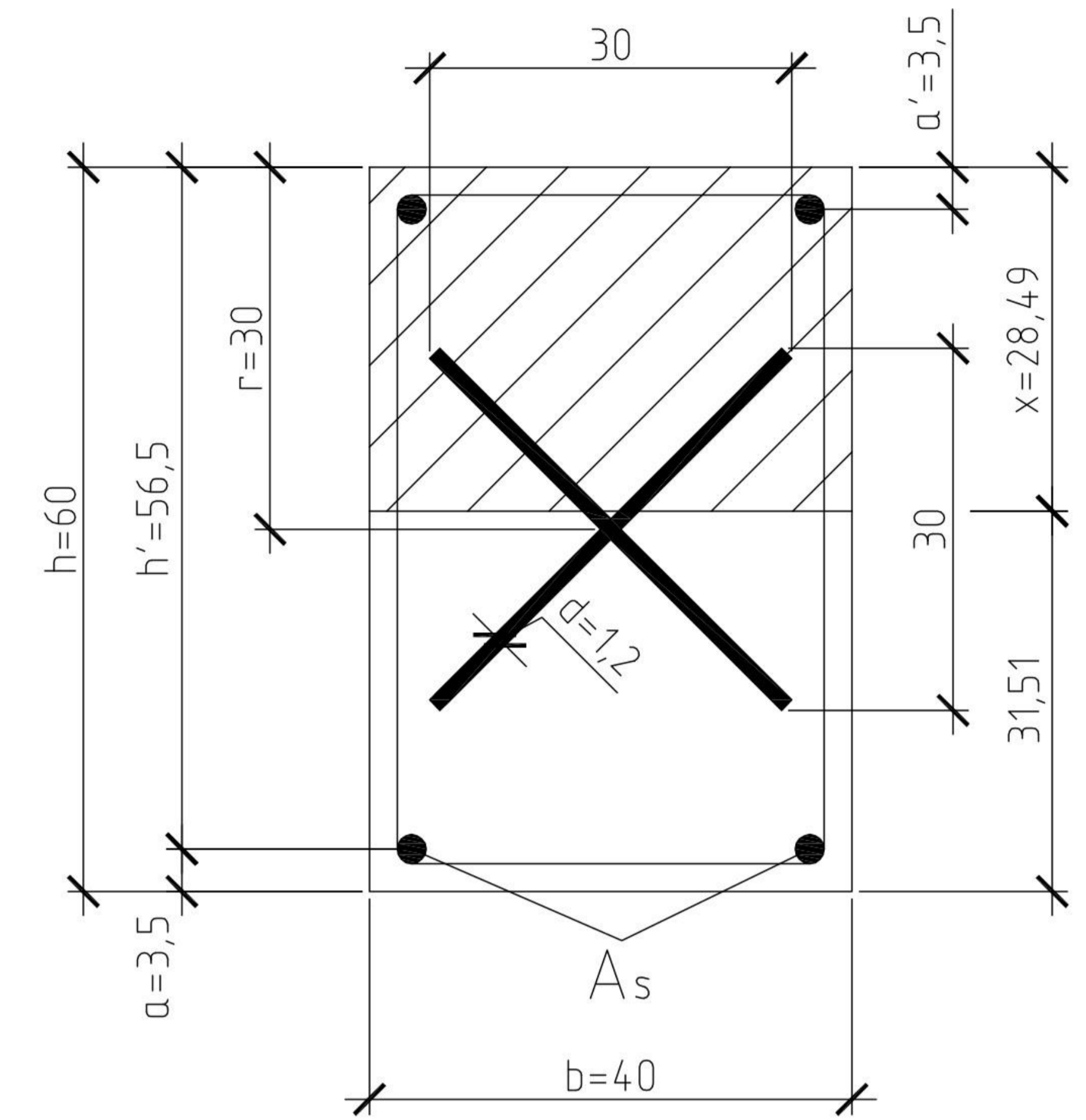
Процент армування перерізу: 5,89 %



• **Жорстка арматура** у вигляді двох швелерів №40 із сталі класу C235

- Площа перерізу жорсткої арматури  $A_a = 123 \text{ cm}^2$
- Площа перерізу гнучкої арматури  $A_s = 4,52 \text{ cm}^2$
- Площа зведеного перерізу  $A_{red} = 3194 \text{ cm}^2$
- Момент інерції жорсткої арматури  $I_a = 30440 \text{ cm}^4$
- Момент інерції зведеного перерізу  $I_{red} = 928700 \text{ cm}^4$
- Висота стиснутої зони  $x = 285,18 \text{ mm}$

Процент армування перерізу: 6,07 %



• **Жорстка арматура** хрестово-діагонального перерізу із сталі класу C235

- Площа перерізу жорсткої арматури  $A_a = 94,56 \text{ cm}^2$
- Площа перерізу гнучкої арматури  $A_s = 4,52 \text{ cm}^2$
- Площа зведеного перерізу  $A_{red} = 3017 \text{ cm}^2$
- Момент інерції жорсткої арматури  $I_a = 7645 \text{ cm}^4$
- Момент інерції зведеного перерізу  $I_{red} = 786430 \text{ cm}^4$
- Висота стиснутої зони  $x = 284,9 \text{ mm}$

Процент армування перерізу: 4,88 %

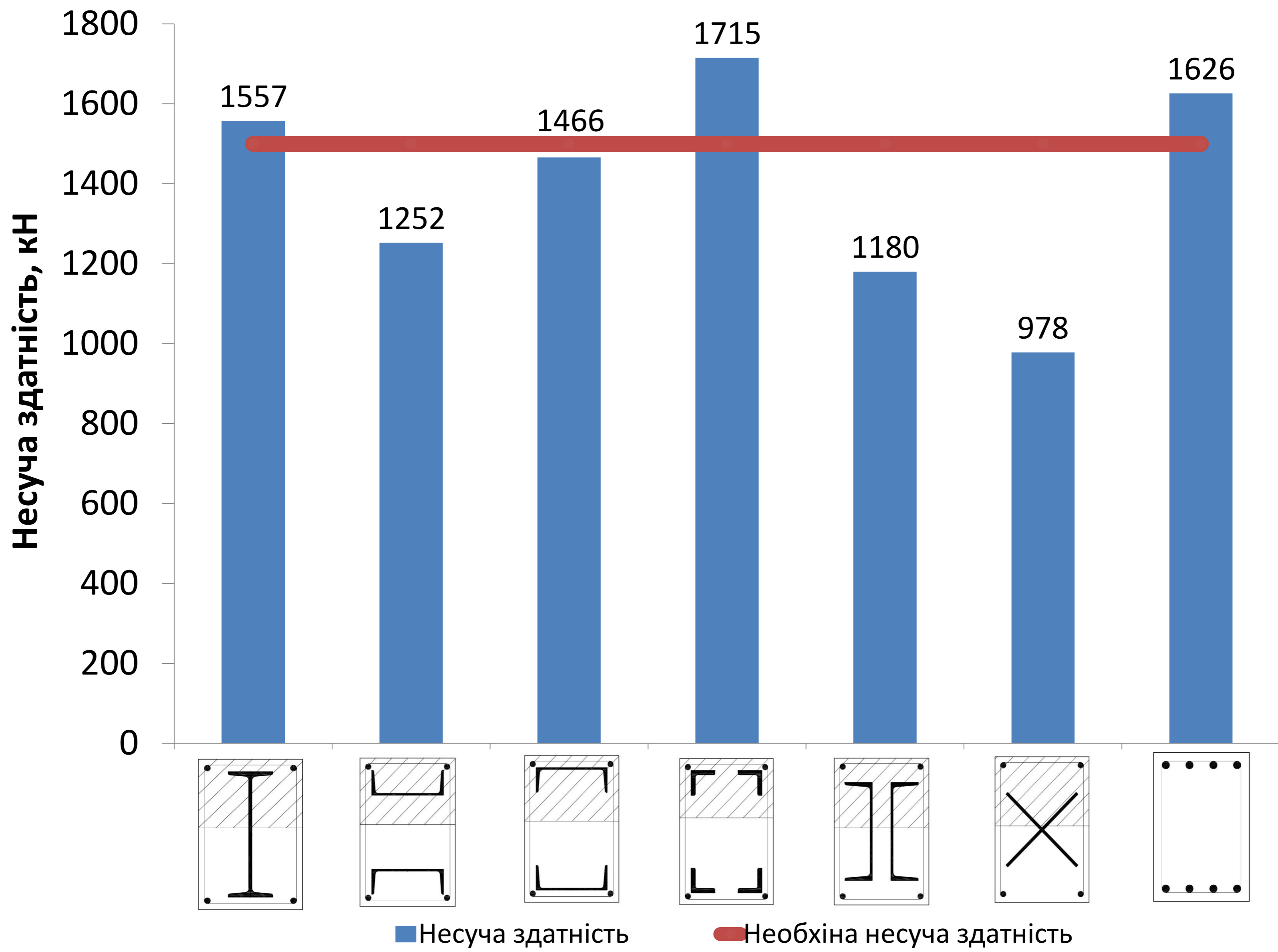
АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Розрахунок стиснутих залізобетонних елементів, армованих жорсткою арматурою					
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата
Розробник	Широчий				
Керівник	Скорук				
Консультант	Скорук				
Н.контроль	Скорук				
Зав. каф.	Барашиков				

Стадія	Лист	Листів
	7	10

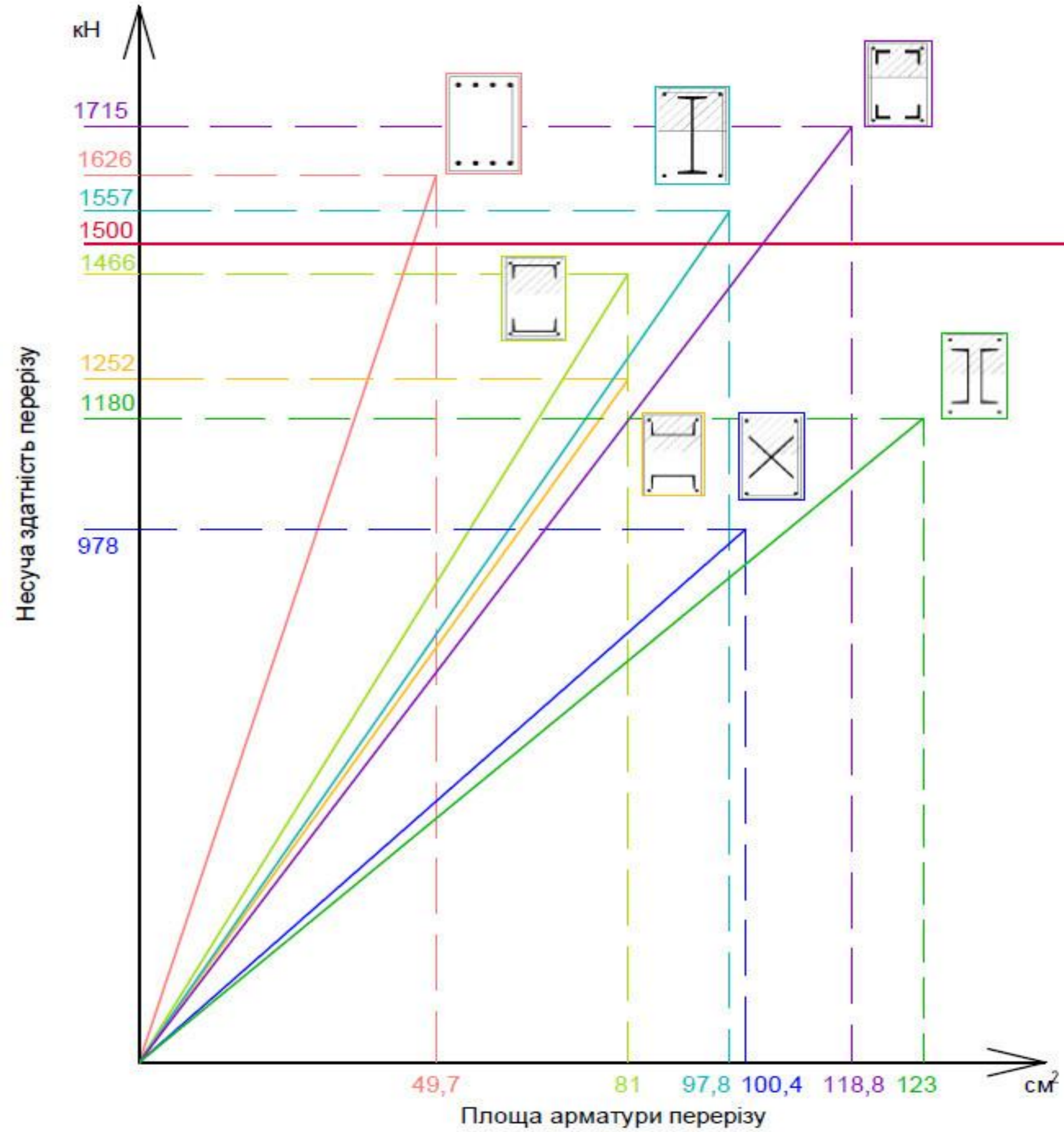
Розрахунок колони рамного каркасу

КНУБА  
кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій

## Діаграма забезпечення несучої здатності перерізами



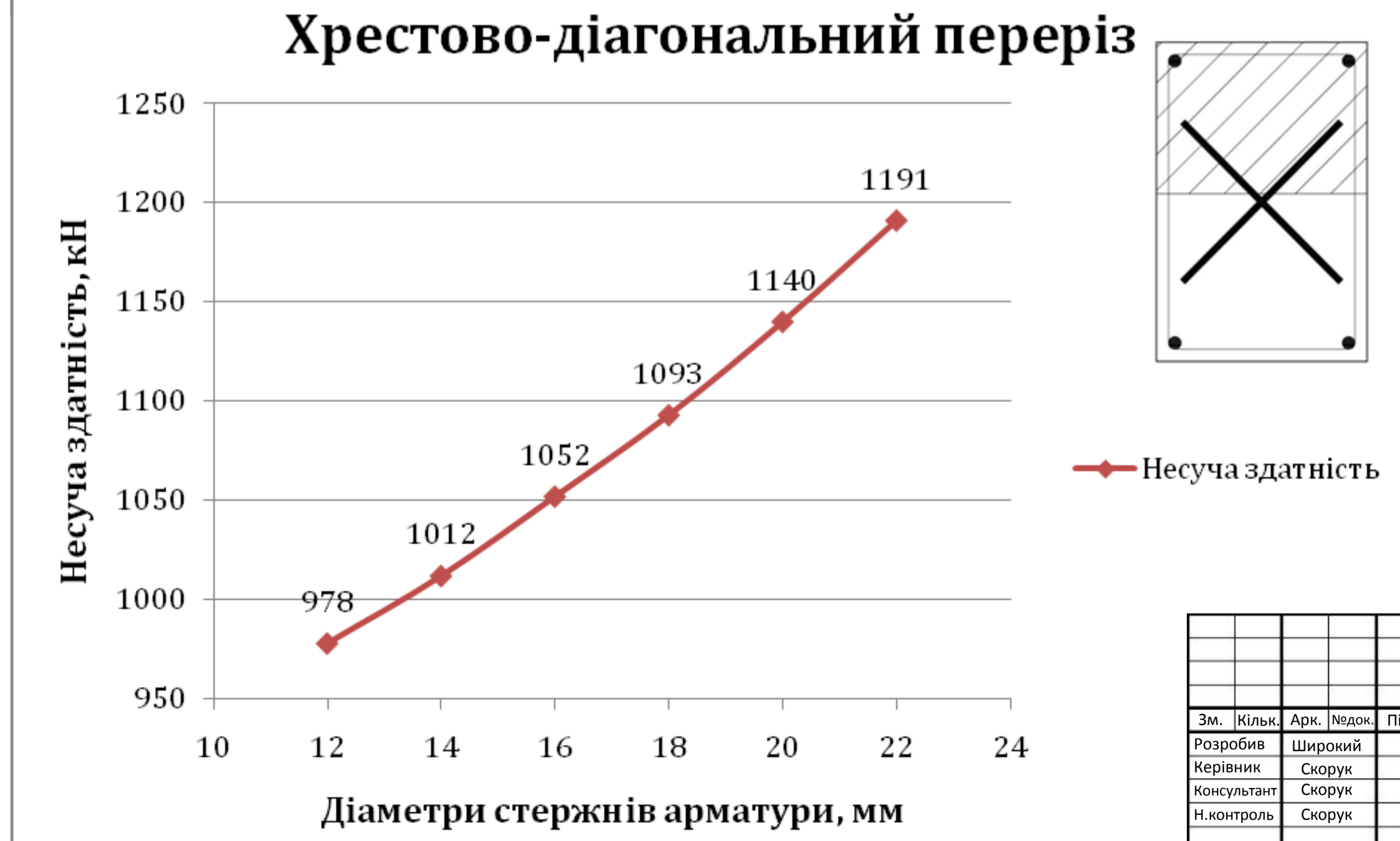
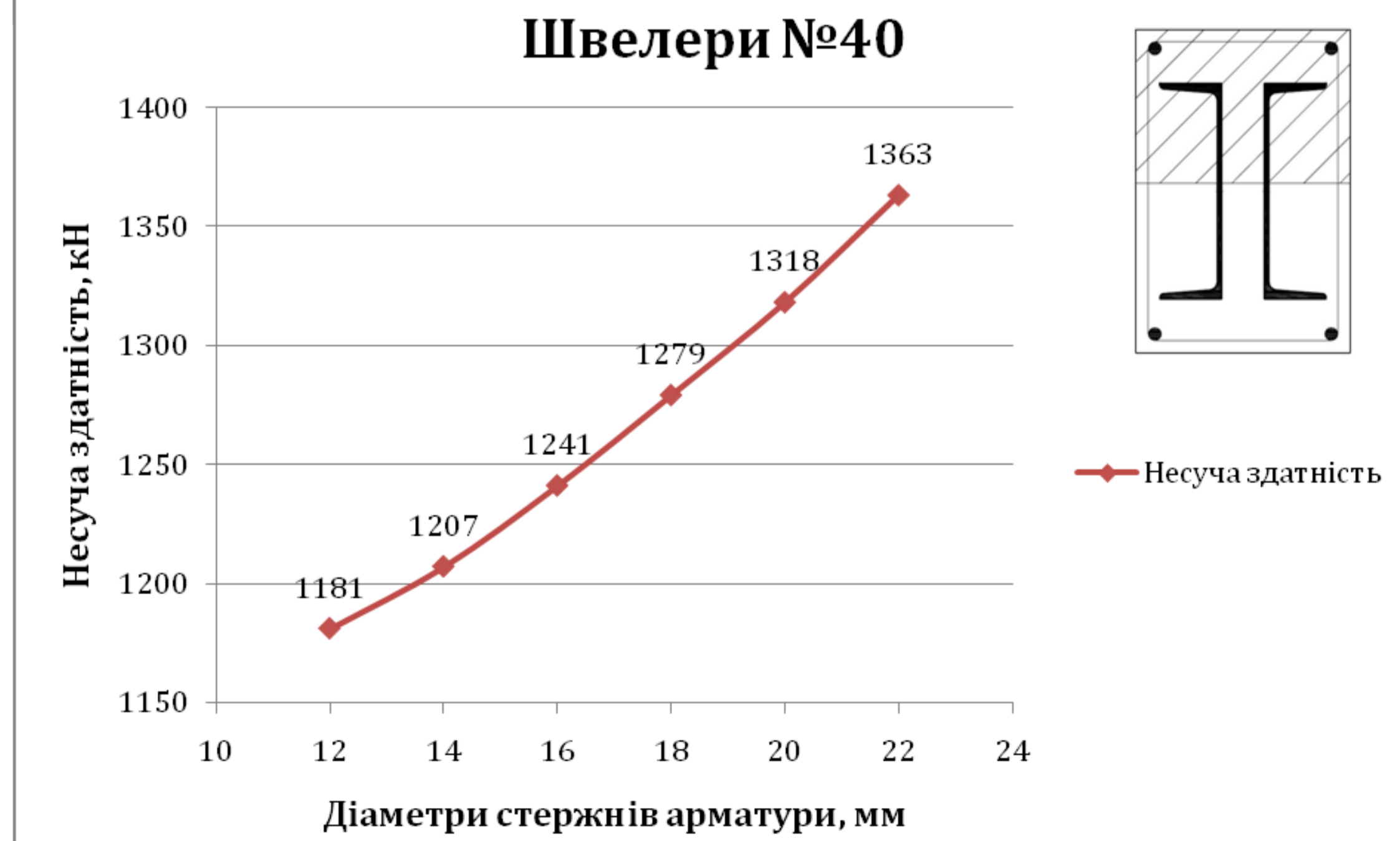
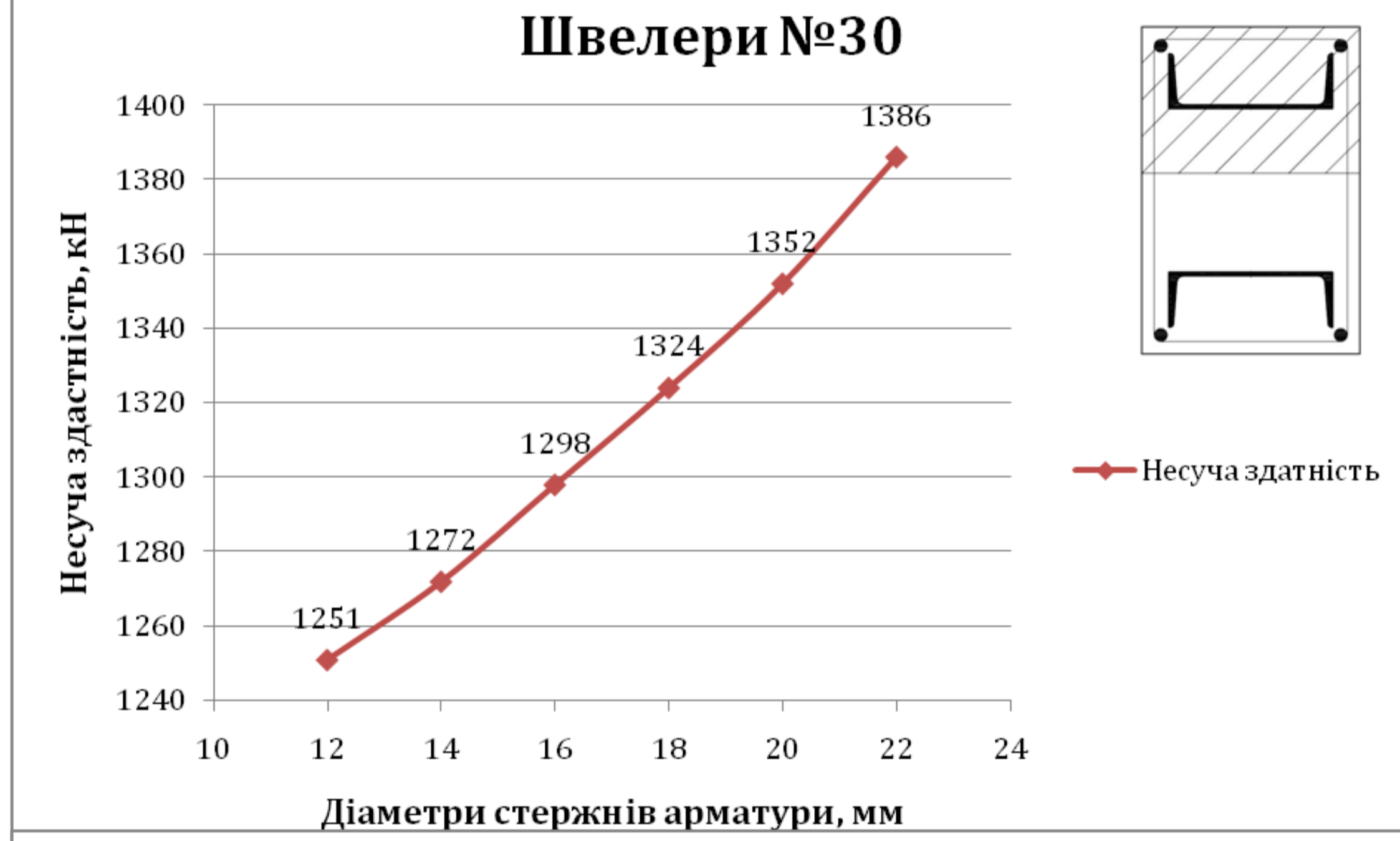
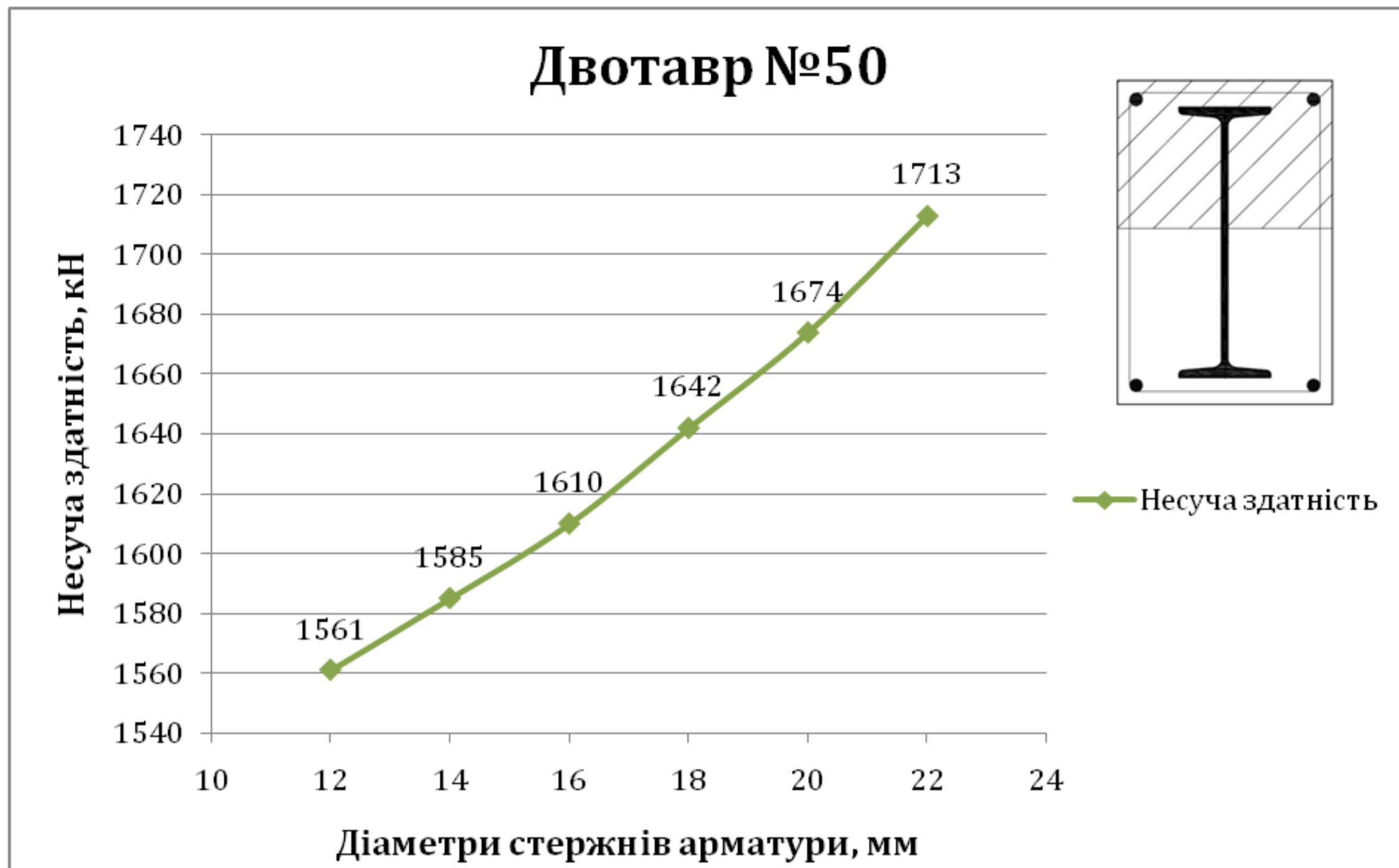
## Графік залежності несучої здатності від площі перерізу



АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Розрахунок стиснутих залізобетонних елементів, армованих жорсткою арматурою					
Зм.	Кільк.	Арк.	Недок.	Підпис	Дата
Розробив	Широкий				
Керівник	Скорук				
Консультант	Скорук				
Н. контроль	Скорук				
Зав. каф.	Барашков				
				Стадія	Лист
					8
				Листів	10
Забезпечення несучої здатності перерізами				ІНУБА кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій	



# ЗБІЛЬШЕННЯ МІЦНОСТІ ПЕРЕРІЗІВ ПРИ ЗБІЛЬШЕННІ ДІАМЕТРІВ ГНУЧКОЇ АРМАТУРИ



АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Розрахунок стиснутих залізобетонних елементів, армованих жорсткою арматурою					
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата
Розробив	Широкий				
Керівник	Скорук				
Консультант	Скорук				
Н.контроль	Скорук				
Зав. каф.	Барашиков				
Стадія	Лист	Листів			
	9	10			
Збільшення діаметрів гнучкої арматури			КНУБА кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій		

# ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Жорстка арматура – економічне та надійне вирішення проблем будівництва багатоповерхових будівель, у яких навантаження на колони нижніх поверхи є дуже великим. У якості жорсткої арматури можуть використовуватися сталеві зварні та прокатні профілі.

2. Проблемами у питанні проектування залізобетонних конструкцій з жорсткою арматурою є відсутність достатньої кількості літератури по розрахунку, а також відсутність можливості автоматизованого розрахунку таких конструкцій. В умовах сучасного будівництва усі проектні компанії для розрахунків будівельних конструкцій користуються електронними програмними комплексами. Але в жодному з них не можна обчислити залізобетонні елементи з жорсткою арматурою.

3. За результатами розрахунків поставленої задачі можна побачити, як працює кожен металевий профіль в конкретному бетонному перерізі. Кожен із профілів був запроектований відповідно до вимог проектування залізобетонних елементів з жорсткою арматурою і має максимально допустимі габарити для даного перерізу. Тому у заданому від самого початку перерізі найкраще працює двотавровий та кутиковий металеві профілі. Це пояснюється, тим що в даних перерізах метал найкраще розподілений відносно нейтральної осі, а ексцентриситети відносно невеликі .

4. Комп'ютерний розрахунок можна використовувати лише частково, для допомоги у проектуванні. У даній роботі була використана дана можливість для визначення геометричних характеристик складених перерізів та для перевірки несучої здатності вже запроектованої колони з гнучкою арматурою.

5. В наш час немає достатньо інформації та можливостей для індустріального проектування залізобетонних елементів з жорсткою арматурою. Для цього потрібні програмні комплекси, котрі зможуть розраховувати цілі будівельні конструкції, тому що за допомогою ручного розрахунку можна перевірити лише окремі елементи, так як це займає багато часу. Але це питання не можна залишати без уваги, так як використання даної технології істотно збільшує працездатність і надійність конструкції сучасних багатоповерхових будівель і по суті є безальтернативним.

АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА					
Розрахунок стиснутих залізобетонних елементів, армованих жорсткою арматурою					
Зм.	Кільк.	Арк.	№доку.	Підпис	Дата
Розробив	Широкий				
Керівник	Скорук				
Консультант	Скорук				
Н.контроль	Скорук				
Зав. каф.	Барашиков				

Стадія	Лист	Листів
	10	10

Висновки

КНУБА  
кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій