

ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ АНКЕРУВАННЯ СТАЛЬНОЇ АРМАТУРИ У ВАЖКОМУ  
БЕТОНІ ЗА РІЗНИМИ НОРМАТИВНИМИ ДОКУМЕНТАМИ

Мета досліджень:

Метою магістерської роботи є порівняння різних методик визначення довжини анкерування стальної арматури в бетоні, спираючись на існуючі нормативні документи в будівництві, та виявлення факторів, які впливають на її значення.

Об'єктом дослідження є розбіжності у методиках визначення необхідної довжини передачі зусиль з арматури на бетон у вітчизняних та світових нормативних документах.

Предметом дослідження є характер спільної роботи арматури та бетону при випробуваннях на висмикування арматурного стержня із масиву бетону та його вплив на довжину анкерування арматури.

Методи дослідження полягають у чисельних розрахунках по визначенню ефективної довжини закладання арматури в бетон та їх співставленні з результатами, отриманими за допомогою сучасних ЕОМ; аналізі та узагальненні даних чисельних та експериментальних досліджень.

Задачі дослідження

Відповідно до встановленої мети сформульовані такі задачі досліджень:

- 1) дослідити та виявити особливості спільної роботи арматури та бетону на межі контакту двох матеріалів;
- 2) проаналізувати розподіл зусиль по довжині арматурного стержня та напруження зчеплення, і встановити залежності між довжиною анкерування арматури та характером роботи арматури з бетоном;
- 3) встановити фактори впливу на значення довжини передачі зусиль з арматури на бетон;
- 4) співставити отримані результати розрахунків з даними експериментальних досліджень;
- 5) навести порівняльну характеристику різних світових методик по визначенню довжини анкерування арматури в бетоні та запропонувати найбільш ефективну та раціональну.

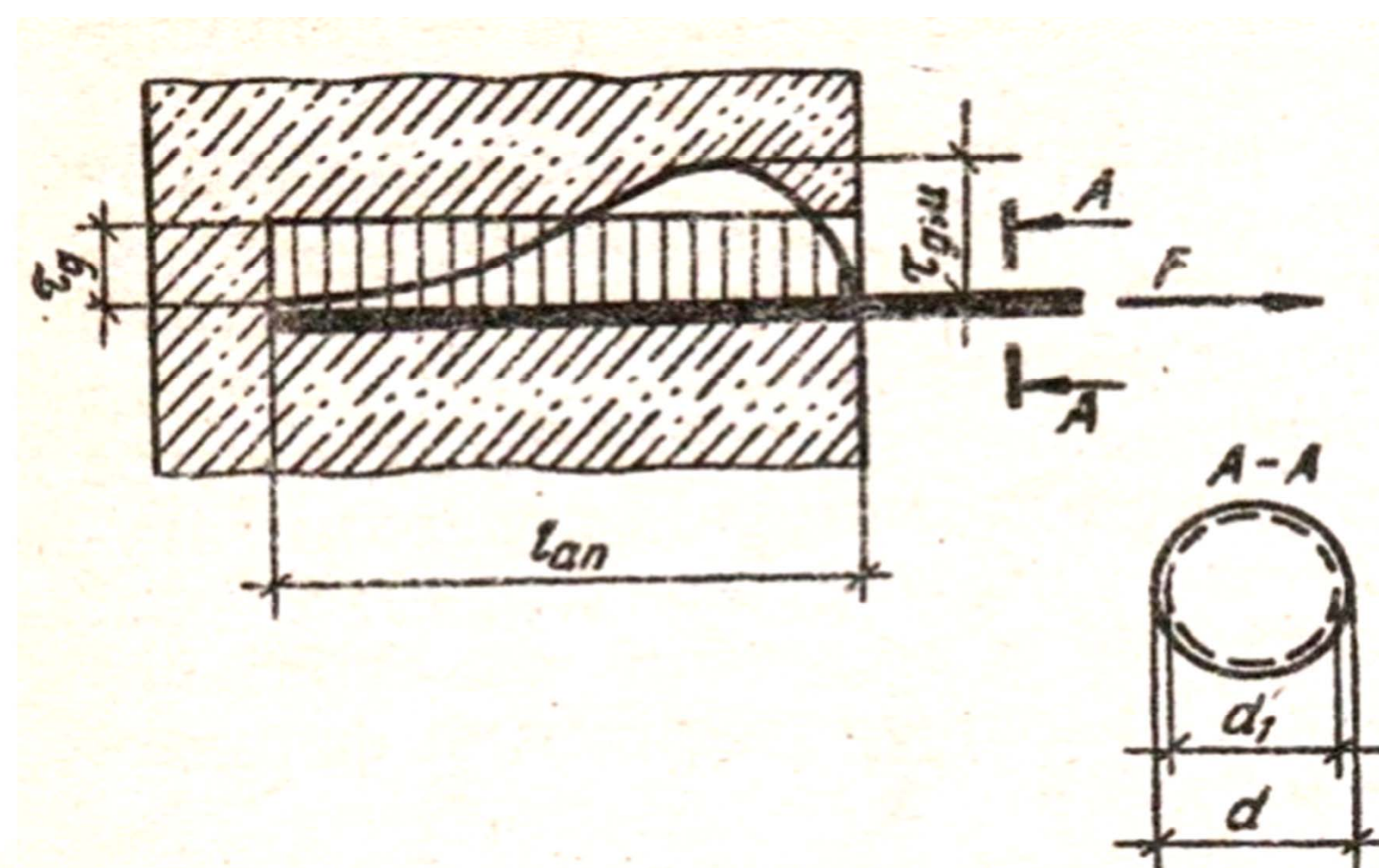
|             |       |               |        |        |      |                                                                                                       |                                                         |      |        |
|-------------|-------|---------------|--------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------|--------|
|             |       |               |        |        |      | АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА                                                                       |                                                         |      |        |
|             |       |               |        |        |      | Визначення довжини анкерування стальної арматури у важкому бетоні за різними нормативними документами |                                                         |      |        |
| Зм.         | Кілк. | Арк.          | № док. | Підпис | Дата |                                                                                                       | Стадія                                                  | Лист | Листів |
| Розробив    |       | Павлюк А.В    |        |        |      |                                                                                                       |                                                         |      |        |
| Керівник    |       | Скорук Л.М    |        |        |      |                                                                                                       |                                                         | 1    |        |
| Консультант |       | Скорук Л.М    |        |        |      |                                                                                                       |                                                         |      |        |
| Н. контроль |       |               |        |        |      |                                                                                                       |                                                         |      |        |
|             |       |               |        |        |      | ПЦБ-55                                                                                                | КНУБА<br>кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій |      |        |
| Зав. каф.   |       | Баращенко А.Я |        |        |      |                                                                                                       |                                                         |      |        |



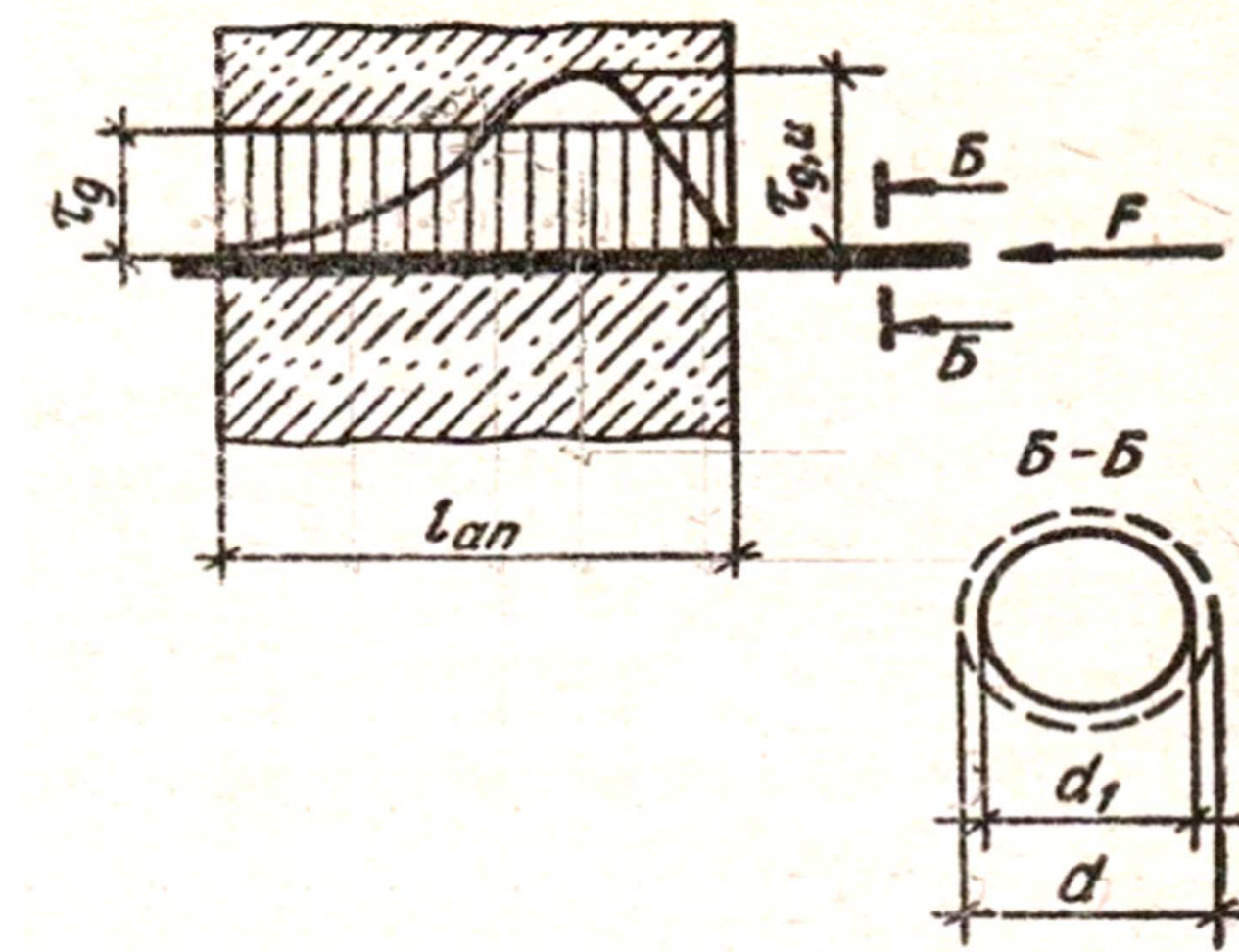
# ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ

Залежить від:

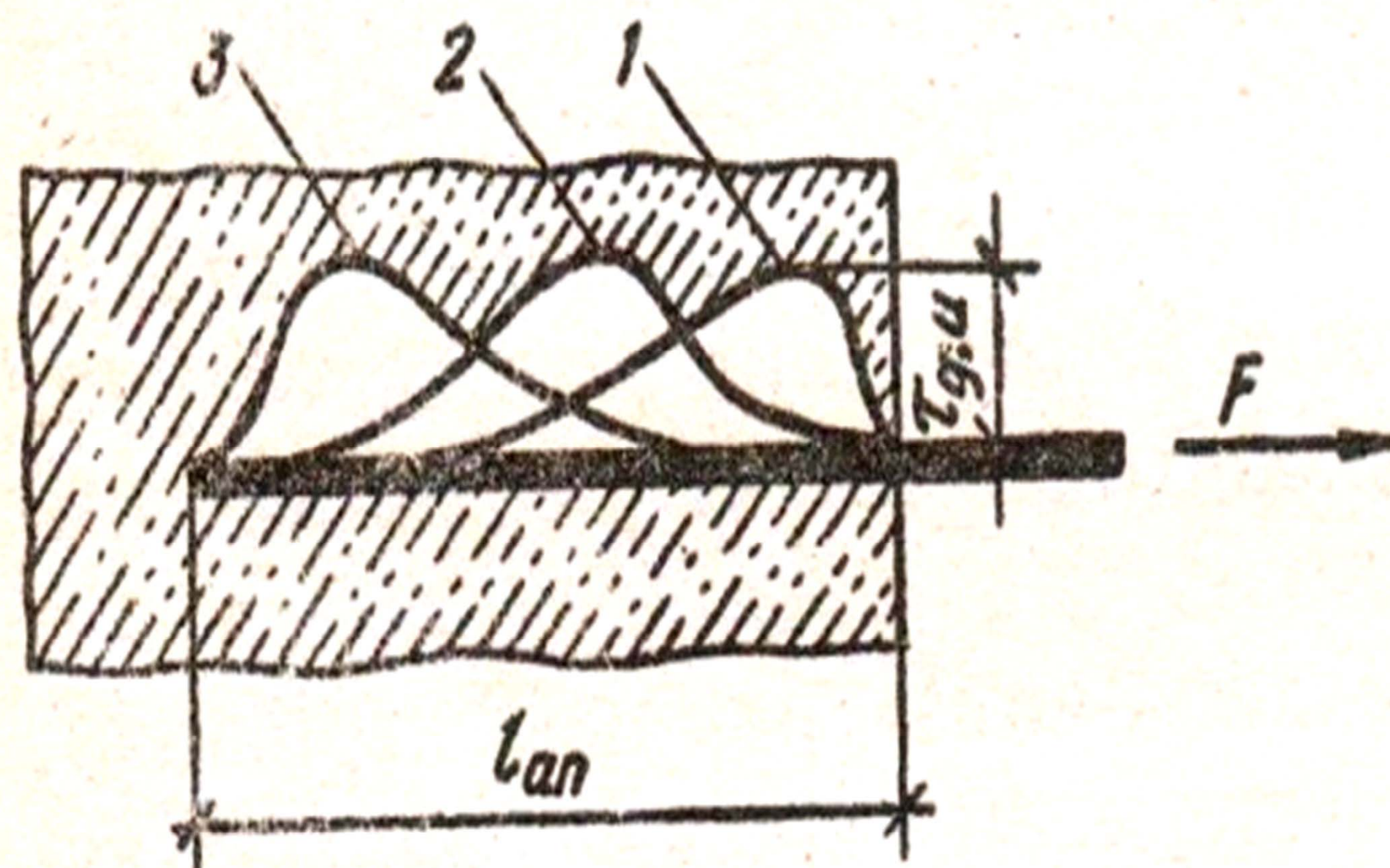
- склеювання арматури з бетоном;
- зусилля тертя арматури об бетон, спричиненого усадочними деформаціями;
- механічного зчеплення арматури з бетоном.



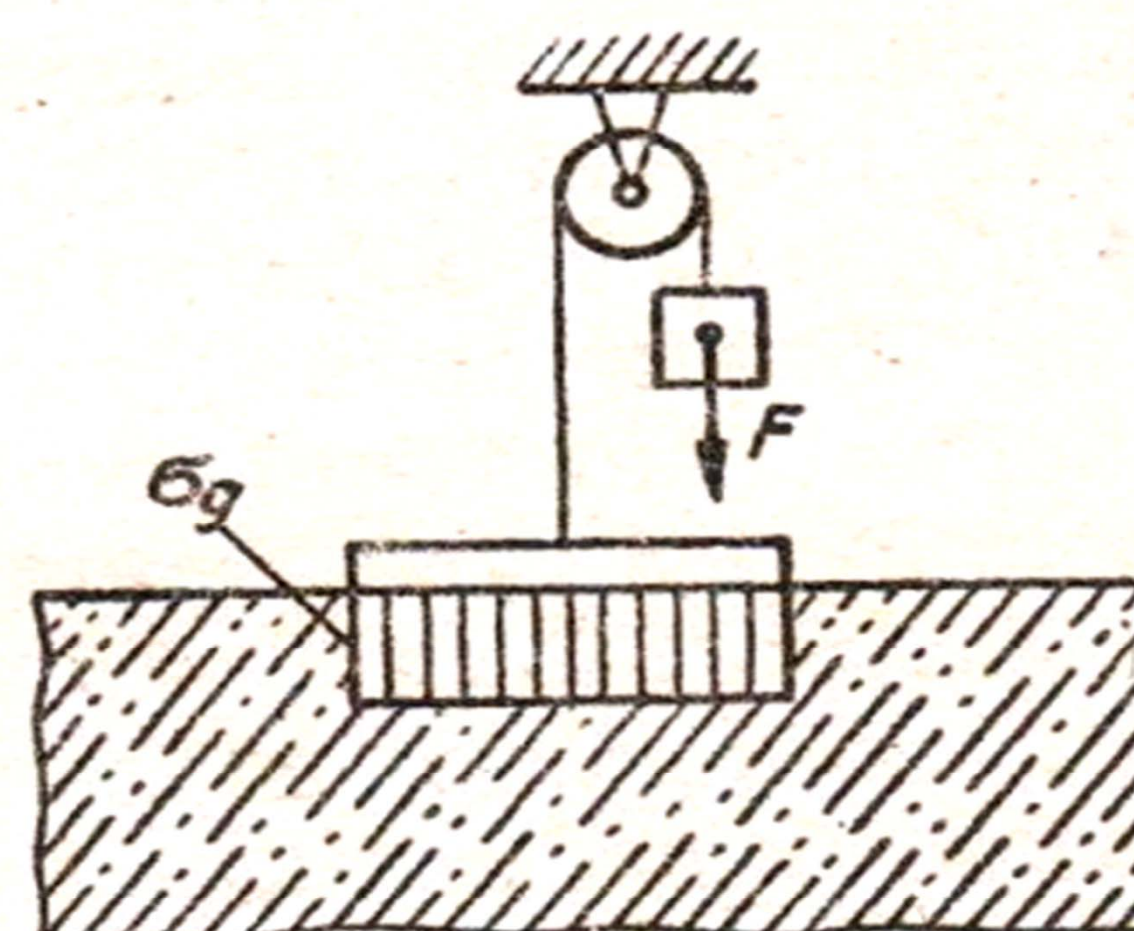
При висмикуванні стержня



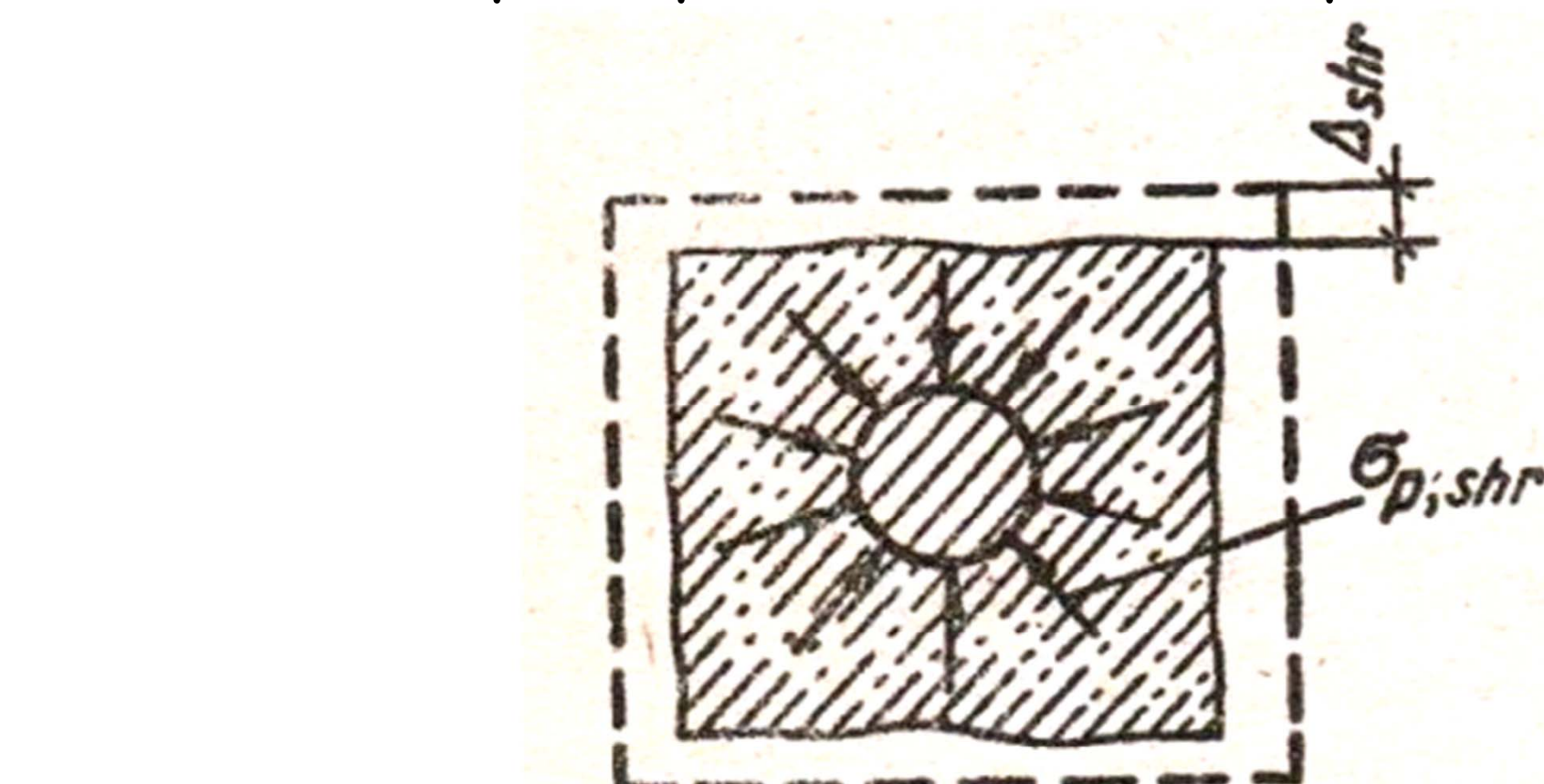
При продавленні стержня



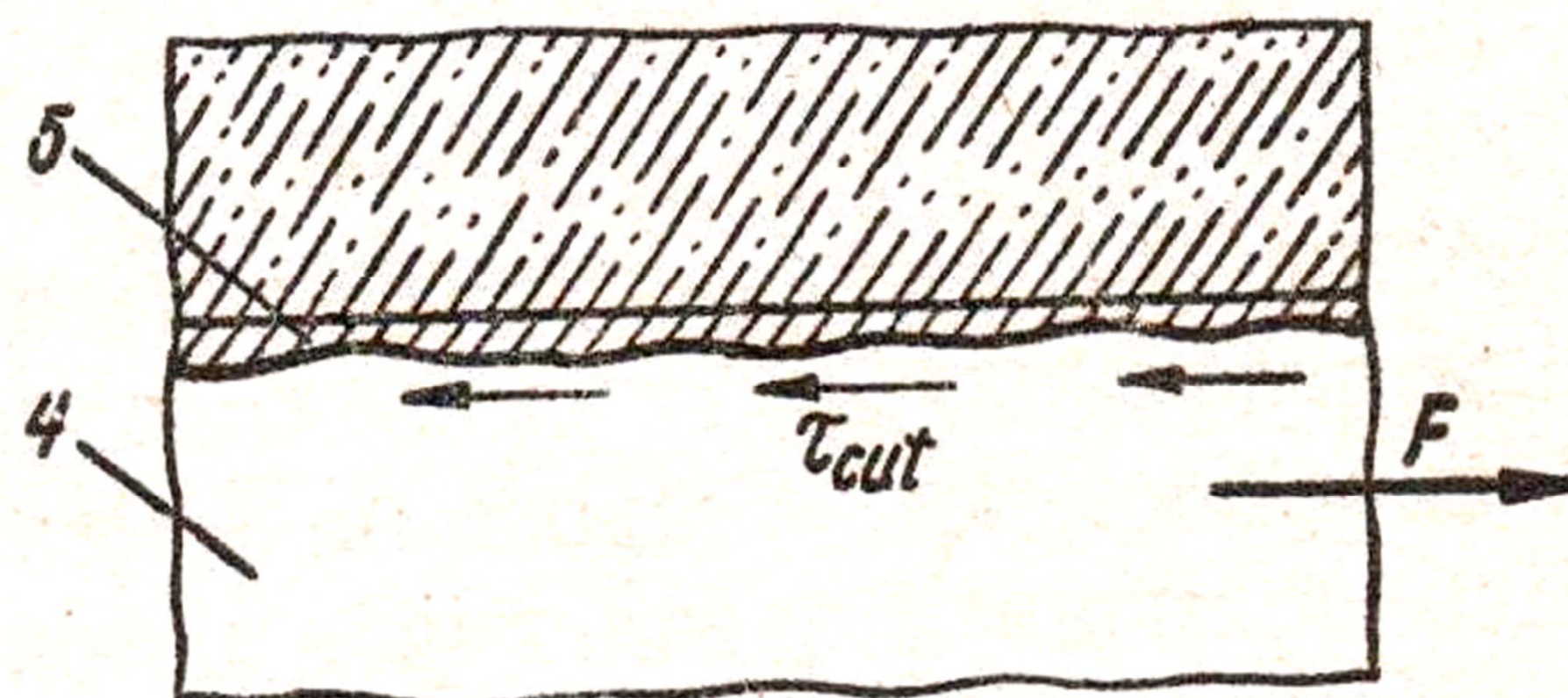
Послідовність зміни епюри напружень у бетоні під час висмикування стержня



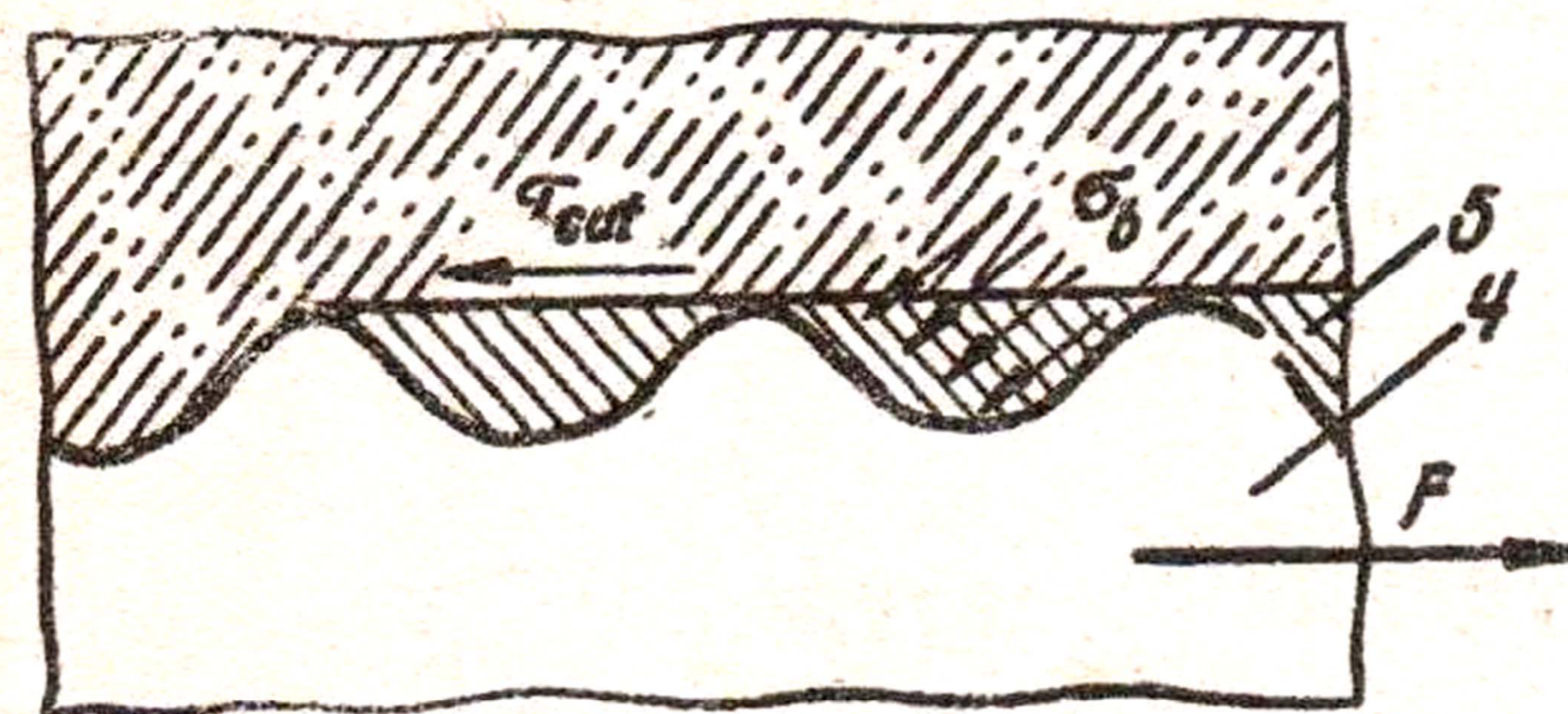
Зчеплення арматури, зумовлене склеюванням сталі з бетоном



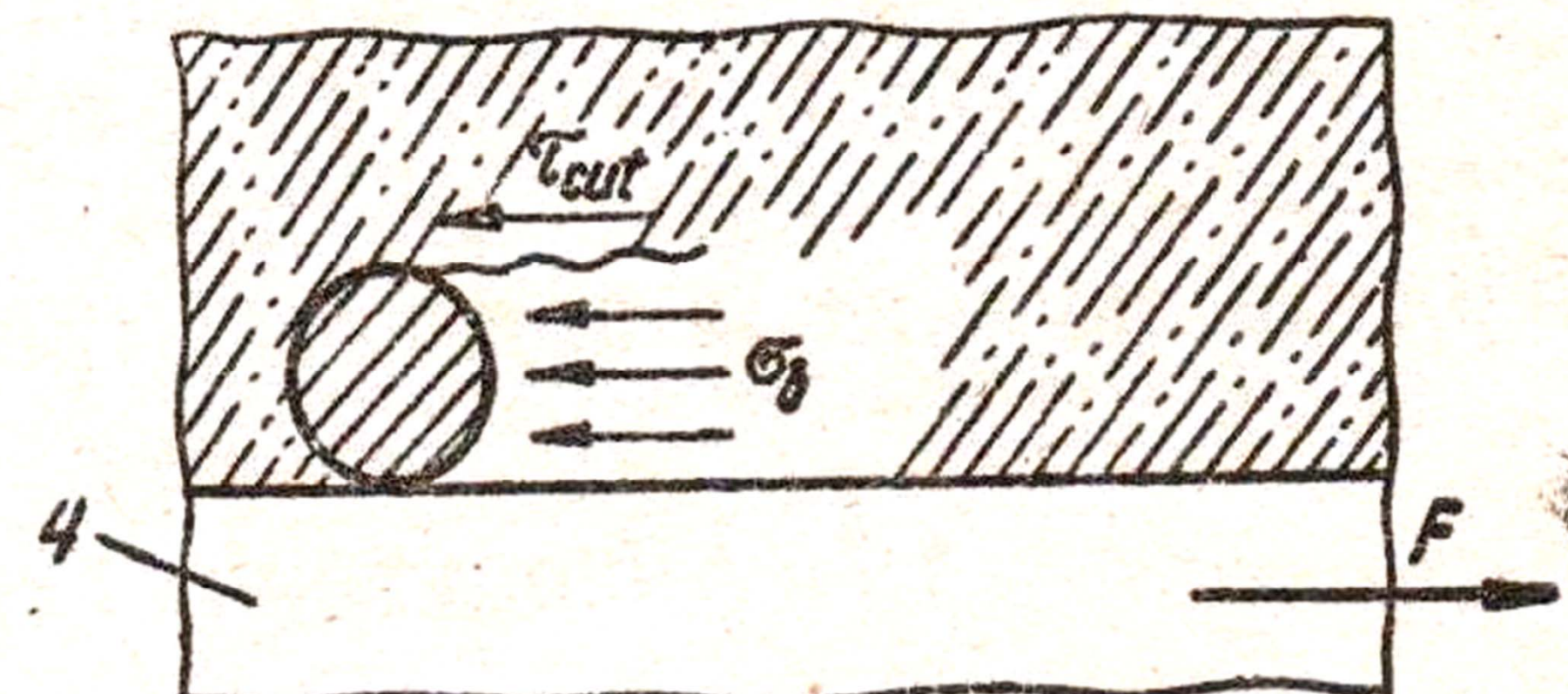
Зчеплення арматури, зумовлене обтискуванням арматурного стержня бетоном, спричиненим усадкою



Зчеплення арматури, зумовлене механічним зчепленням при гладкій арматурі



Зчеплення арматури, зумовлене механічним зчепленням при періодичному профілю

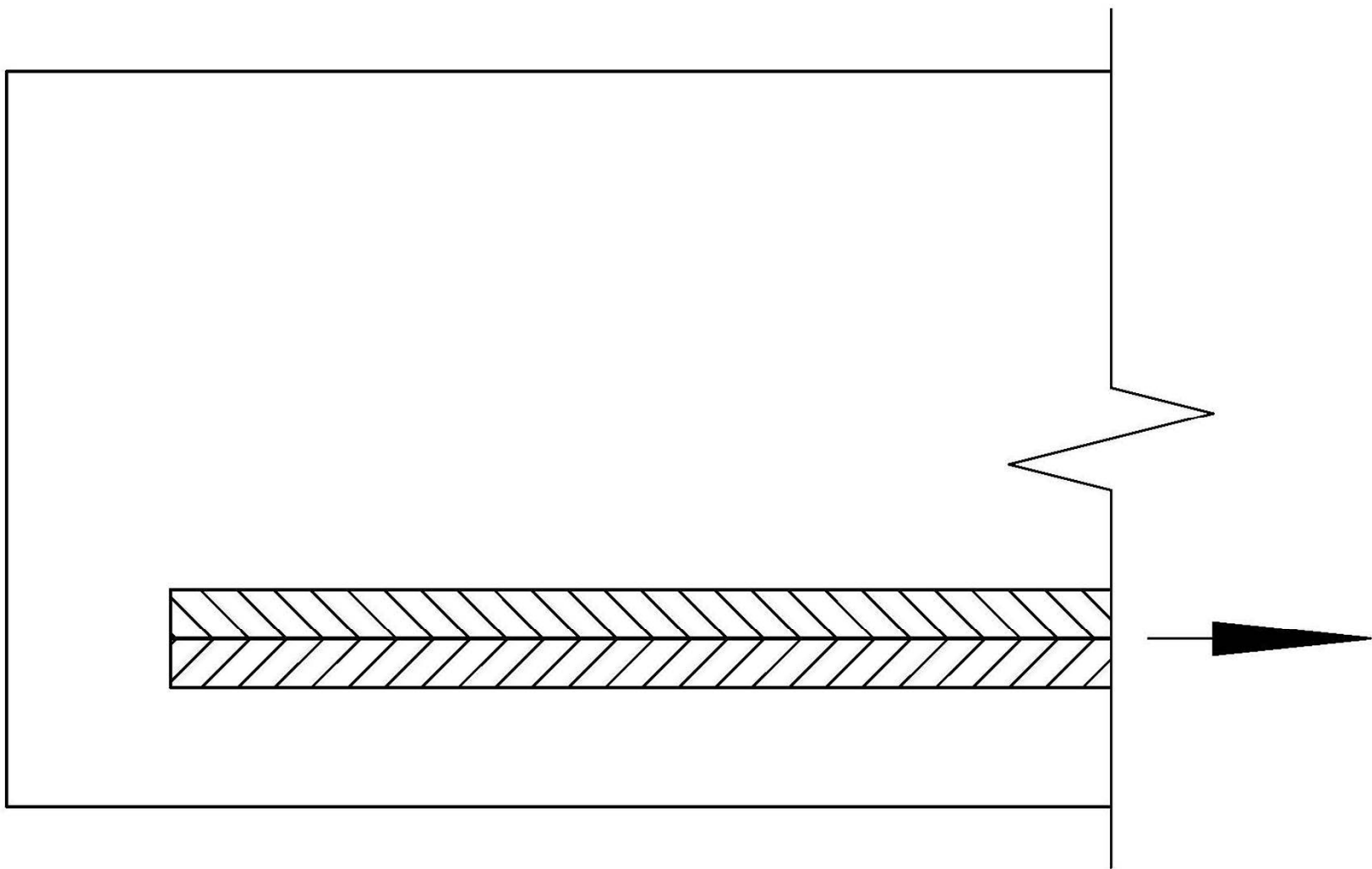


Зчеплення арматури, зумовлене механічним зчепленням у зварних сітках та каркасах

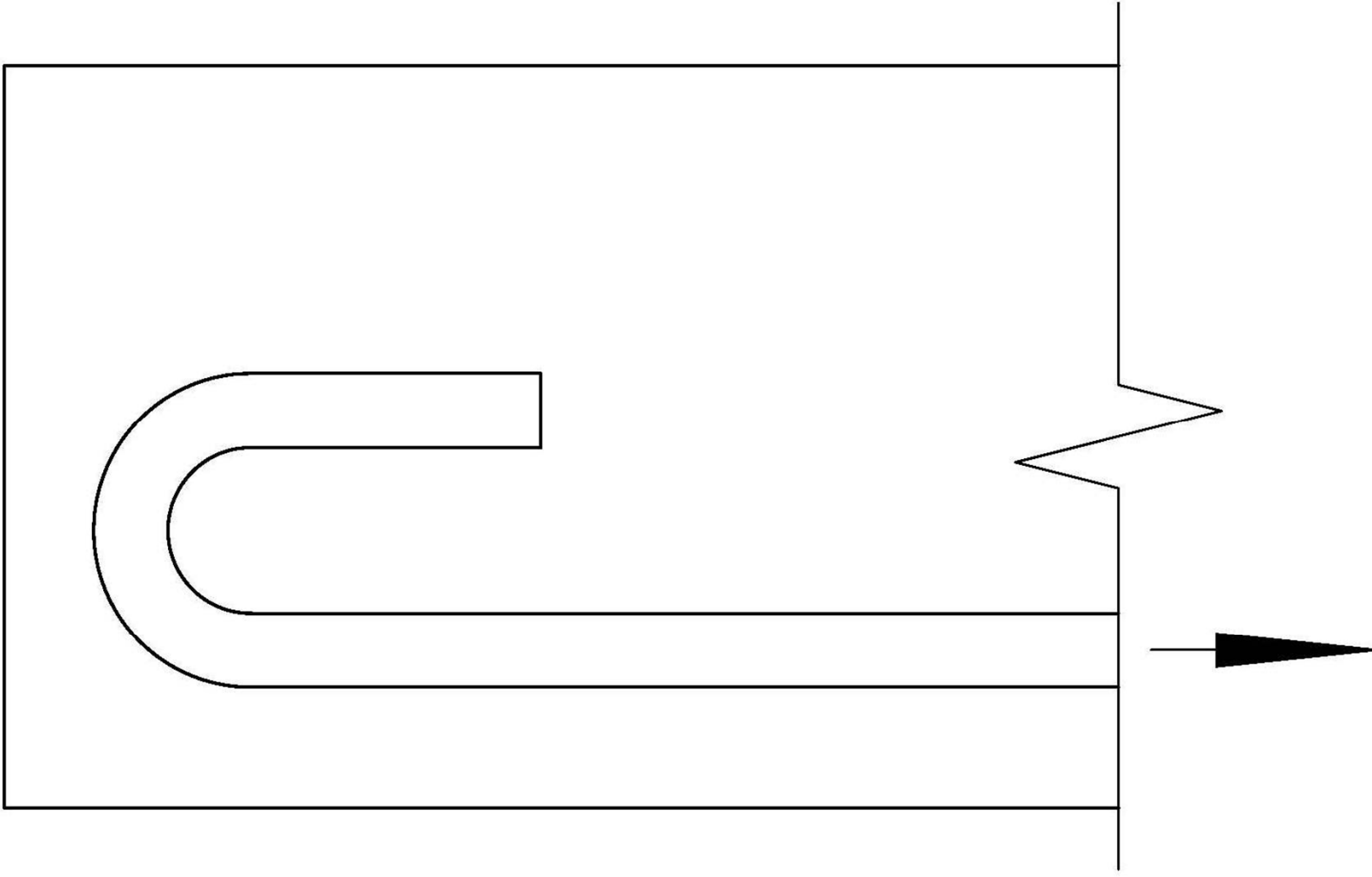
|                                                                                           |              |      |        |                                                         |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|--------|---------------------------------------------------------|--------|
| АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА                                                           |              |      |        |                                                         |        |
| Визначення довжини анкерування сталі у важкому бетоні за різними нормативними документами |              |      |        |                                                         |        |
| Ек.                                                                                       | Кілк.        | Арк. | № док. | Підпис                                                  | Дата   |
| Розробник                                                                                 | Павлюк А.В.  |      |        |                                                         |        |
| Керівник                                                                                  | Скорук Л.М.  |      |        |                                                         |        |
| Консультант                                                                               | Скорук Л.М.  |      |        |                                                         |        |
| Н. контроль                                                                               |              |      |        |                                                         |        |
| Зав. каф.                                                                                 | Борисюк А.Я. |      |        |                                                         |        |
| ПЦБ-55                                                                                    |              |      |        | Стадія                                                  | Лист   |
|                                                                                           |              |      |        | 2                                                       | Листів |
|                                                                                           |              |      |        | КНУБА<br>кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій |        |



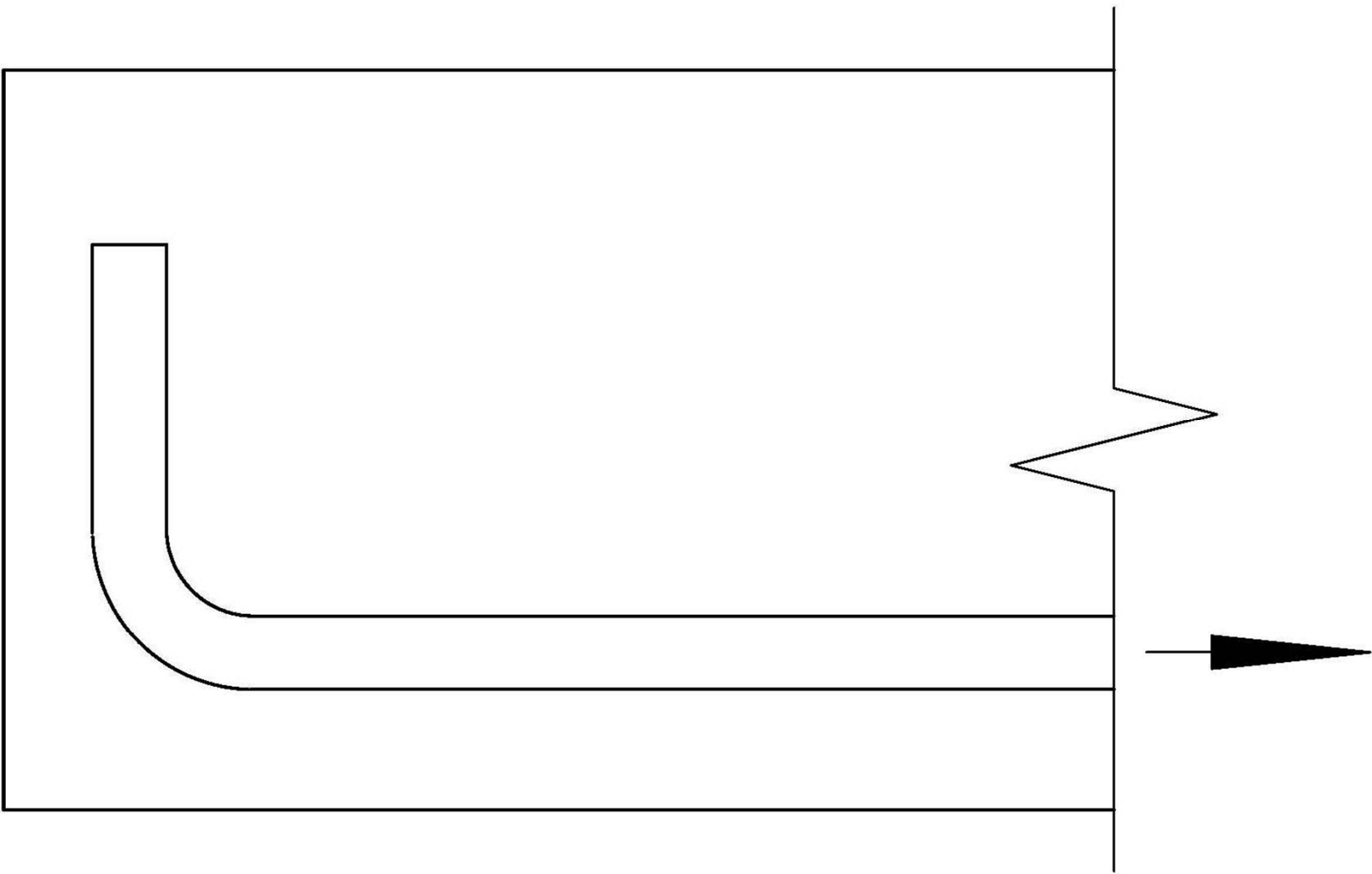
МЕТОДИ АНКЕРУВАННЯ АРМАТУРИ



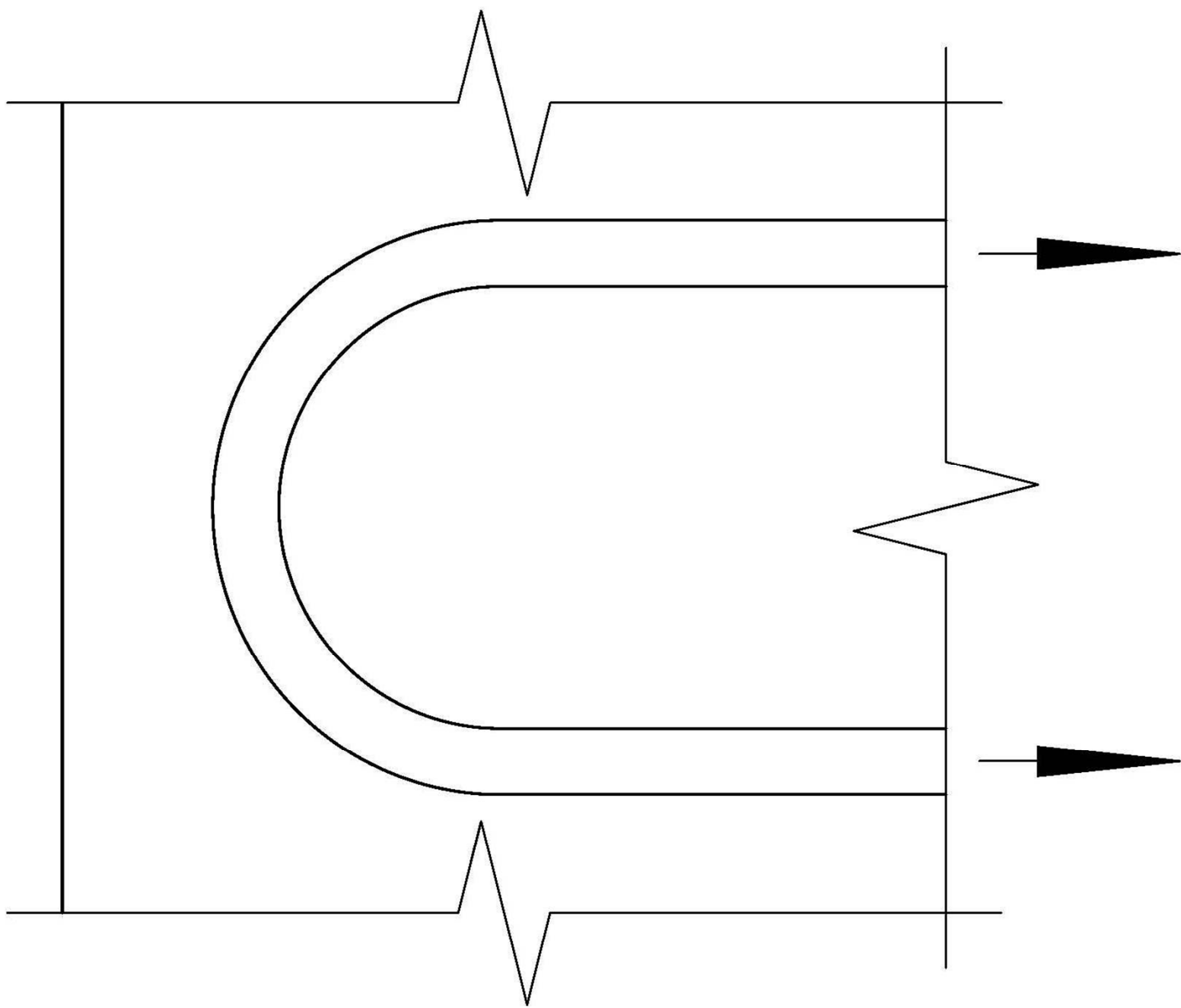
*Зчеплення прямих стержнів з бетоном*



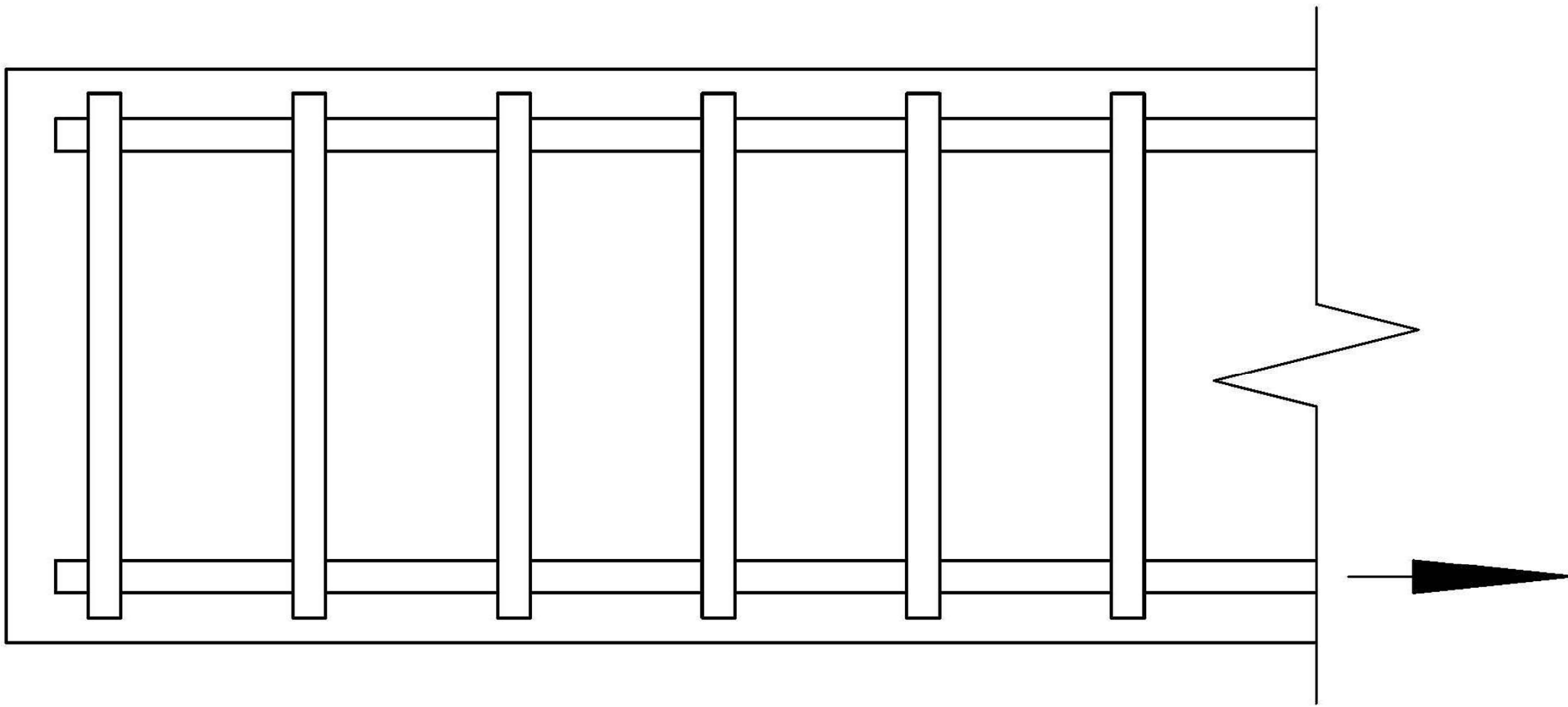
*Крюками*



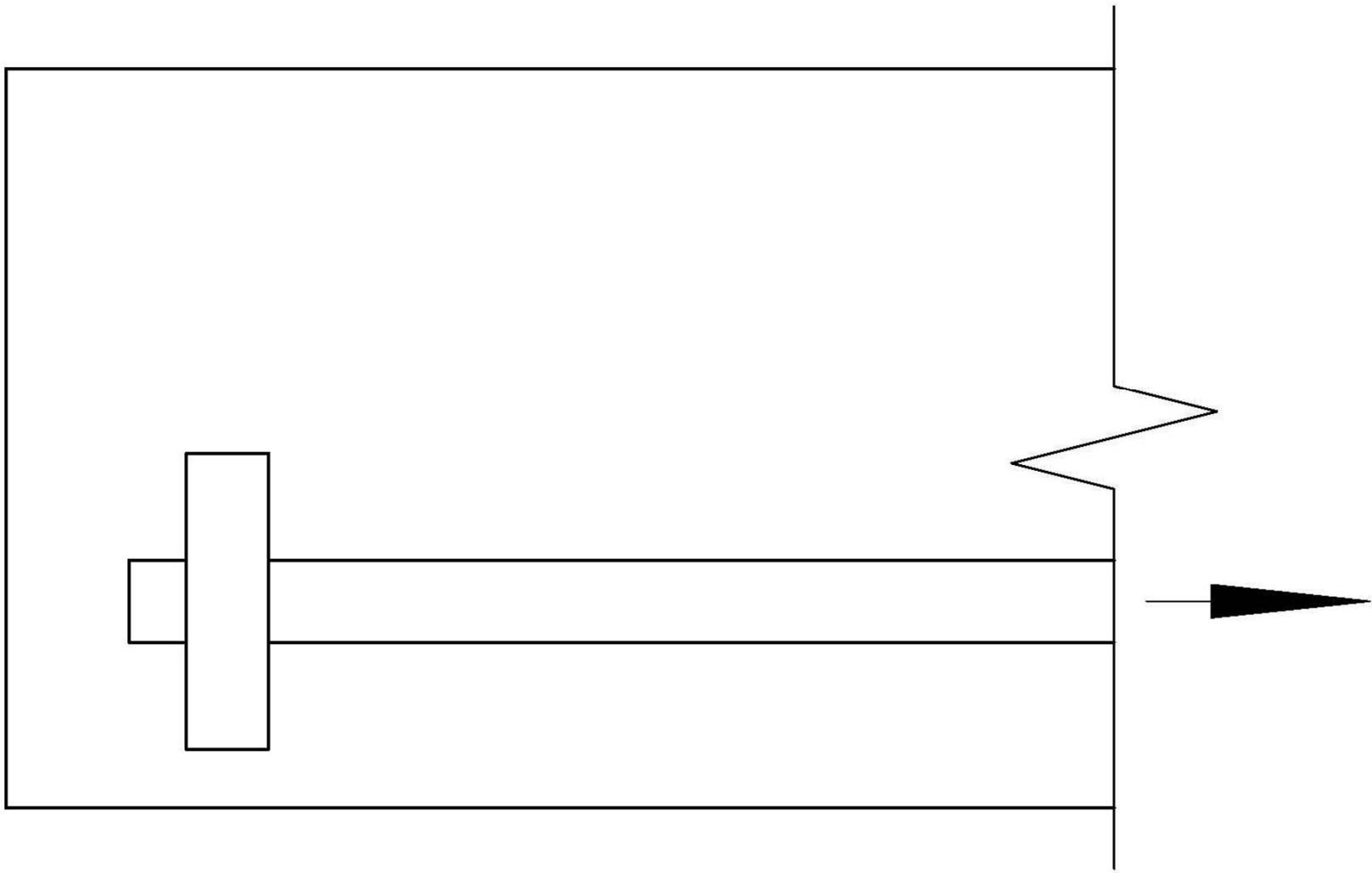
*Ланками*



*Петлями*



*Приварюванням поперечних стержнів*



*Особливими засобами (анкерами)*

|             |       |              |        |        |      |                                                                                                       |                                                         |      |
|-------------|-------|--------------|--------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------|
|             |       |              |        |        |      | АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА                                                                       |                                                         |      |
|             |       |              |        |        |      | Визначення довжини анкерування сталеної арматури у важкому бетоні за різними нормативними документами |                                                         |      |
| Зм.         | Кілк. | Арх.         | № док. | Підпис | Дата |                                                                                                       | Стадія                                                  | Лист |
| Розробив    |       | Павлюк А.В.  |        |        |      |                                                                                                       |                                                         | 3    |
| Керівник    |       | Скорук Л.М.  |        |        |      |                                                                                                       |                                                         |      |
| Консультант |       | Скорук Л.М.  |        |        |      |                                                                                                       |                                                         |      |
| Н. контроль |       |              |        |        |      |                                                                                                       |                                                         |      |
| Зав. каф.   |       | Борисюк А.Я. |        |        |      | ПЦБ-55                                                                                                | КНУБА<br>кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій |      |



ВИДИ ПОВЕРХНІ АРМАТУРИ

Гладка



Періодичний профіль

а)



б)

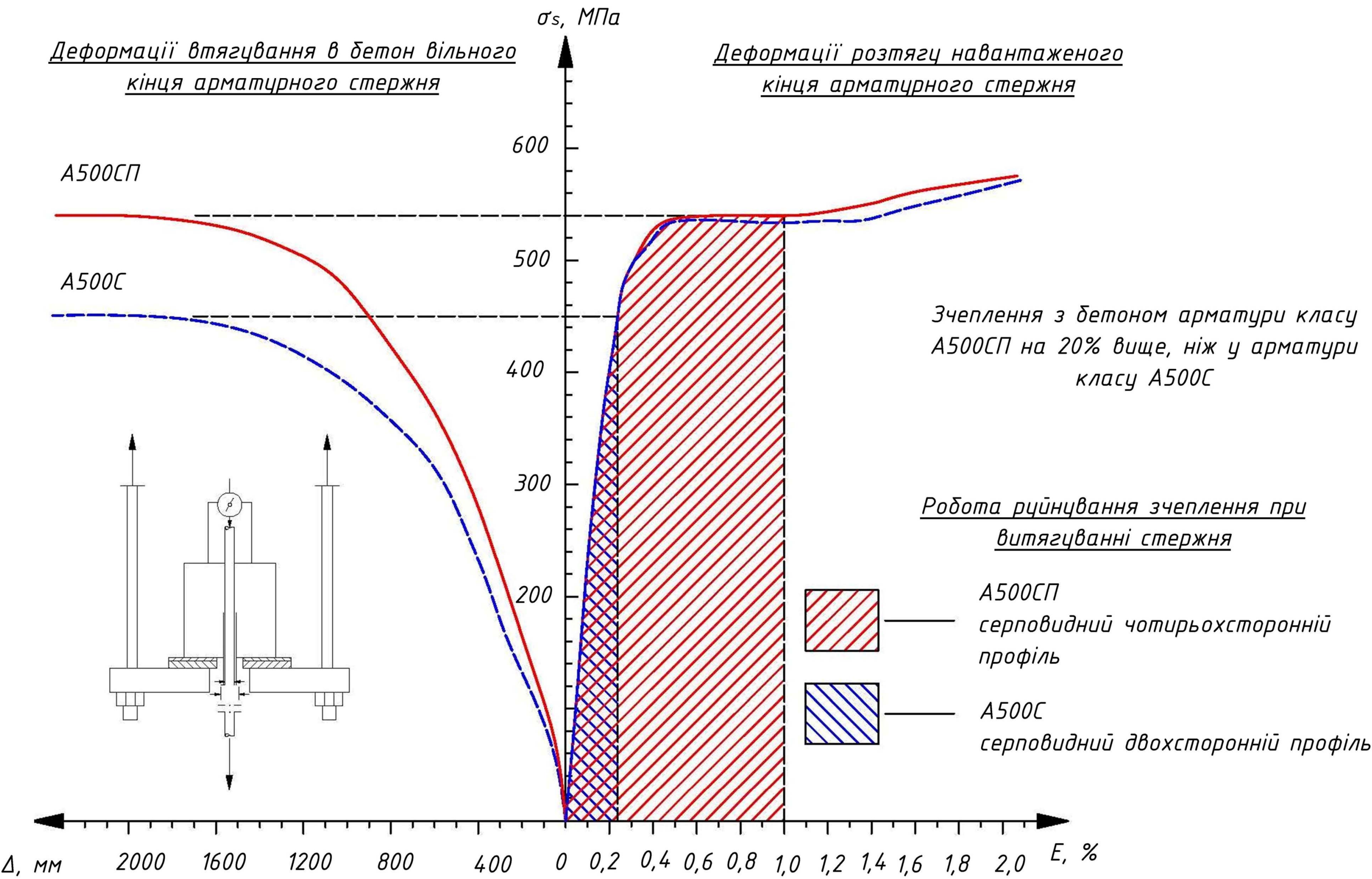


в)



а – кільцевий,  
ГОСТ 5781-82,  $f_R > 0,10$  (не нормується)  
б – серповидний двохсторонній,  
СТО АСЧМ 7-93,  $f_R \geq 0,056$ ;  
в – серповидний чотирьохсторонній,  
ТУ 14-1-5526-2006,  $f_R \geq 0,075$

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ НА ЗЧЕПЛЕННЯ З БЕТОНОМ



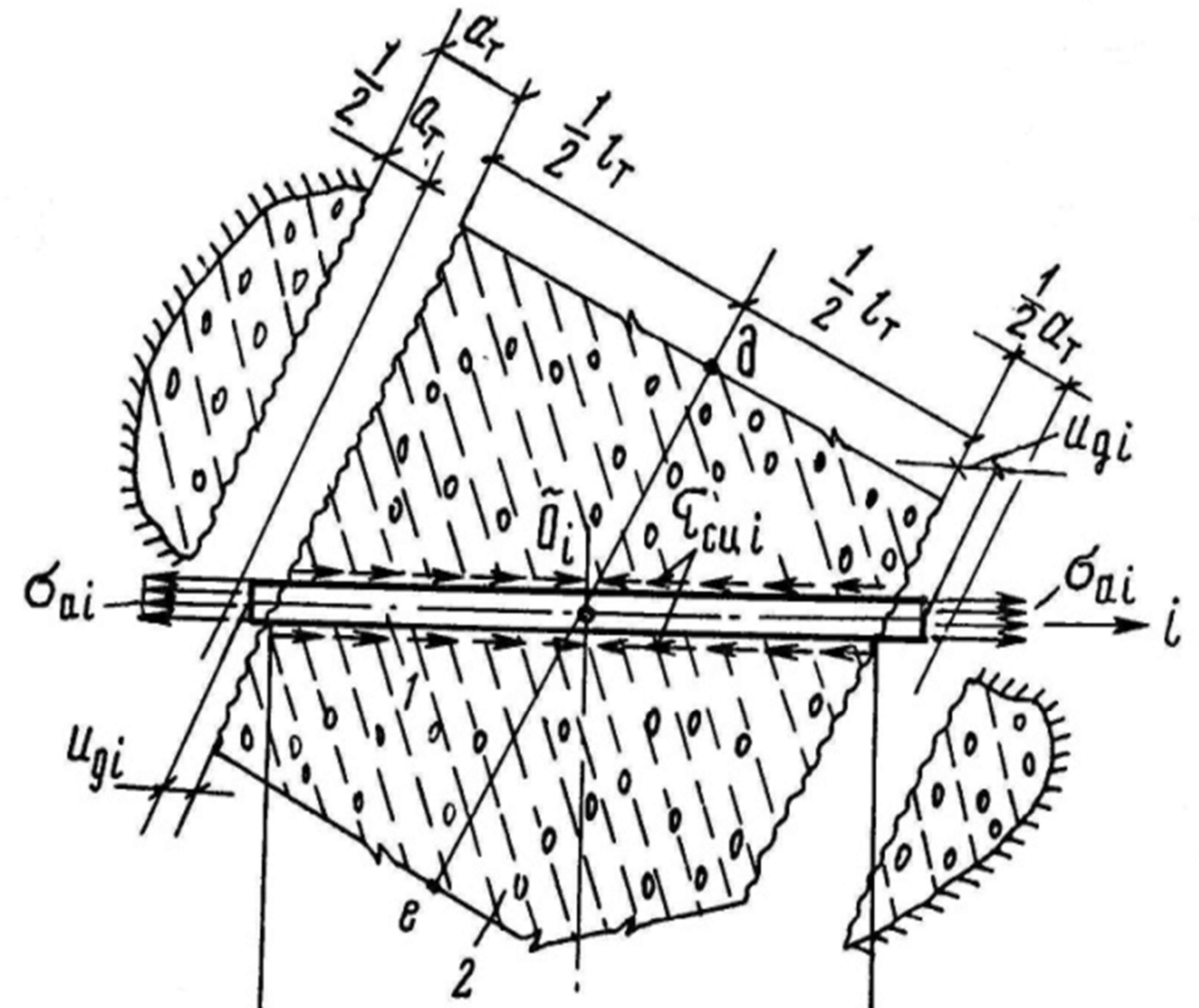
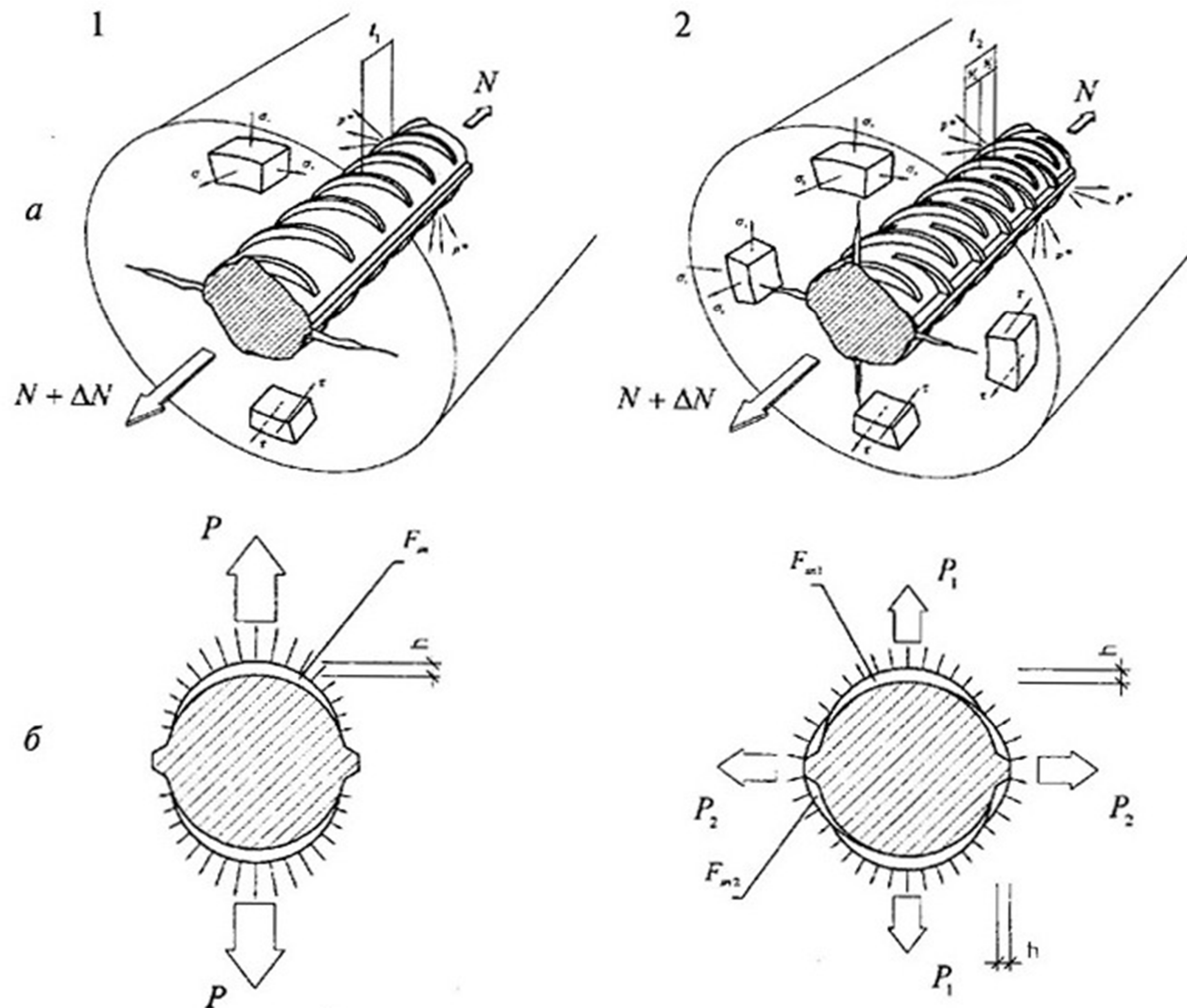
| АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА                                                                       |                  |      |        |                                                         |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|--------|---------------------------------------------------------|--------|
| Визначення довжини анкерування сталеної арматури у важкому бетоні за різними нормативними документами |                  |      |        |                                                         |        |
| Зм.                                                                                                   | Кілк.            | Арх. | № док. | Підпис                                                  | Дата   |
| Розробив                                                                                              | Павлюк А.В.      |      |        |                                                         |        |
| Керівник                                                                                              | Скорук Л.М.      |      |        |                                                         |        |
| Консультант                                                                                           | Скорук Л.М.      |      |        |                                                         |        |
| Н. контроль                                                                                           |                  |      |        |                                                         |        |
| Зав. каф.                                                                                             | Боравицький А.Я. |      |        |                                                         |        |
| ПЦБ-55                                                                                                |                  |      |        | Стадія                                                  | Лист   |
|                                                                                                       |                  |      |        | 4                                                       | Листів |
|                                                                                                       |                  |      |        | КНУБА<br>кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій |        |



# СХЕМА ВЗАЄМОДІЇ РОЗТЯГНУТОГО АРМАТУРНОГО СТЕРЖНЯ З ОТОЮЧИМ БЕТОНОМ

# ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРНИХ СТЕРЖНІВ З СМУГАМИ БЕТОНУ МІЖ ТРІЩИНАМИ

5

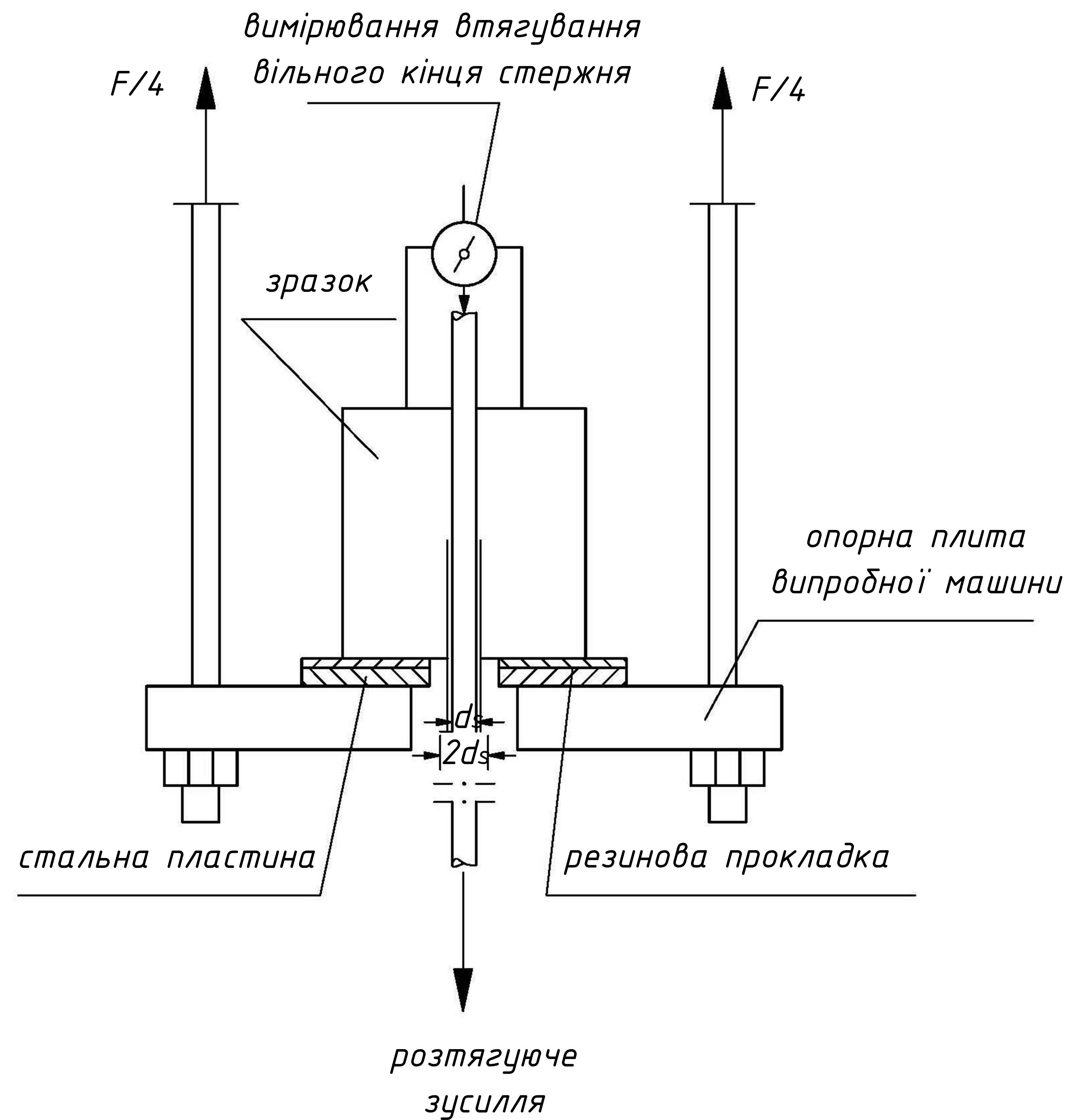


1 – двохсторонній профіль (європейський профіль серповидний);  
2 – серповидний чотирьохсторонній профіль (нового типу);  
а – зусилля в бетоні в зоні передачі напружень з арматури на бетон і характер тріщиноутворення;  
б – розподіл зусиль розпору в поперечному перерізі.

|                                                                                                     |                |      |        |                                                         |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|--------|---------------------------------------------------------|------|
| АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА                                                                     |                |      |        |                                                         |      |
| Визначення довжини анкерування сталюї арматури у важкому бетоні за різними нормативними документами |                |      |        |                                                         |      |
| Зм.                                                                                                 | Кілк.          | Арх. | № док. | Підпис                                                  | Дата |
| Розробив                                                                                            | Павлюк А.В.    |      |        |                                                         |      |
| Керівник                                                                                            | Скорук Л.М.    |      |        |                                                         |      |
| Консультант                                                                                         | Скорук Л.М.    |      |        |                                                         |      |
| Н. контроль                                                                                         |                |      |        |                                                         |      |
| Зав. каф.                                                                                           | Баращенко А.Я. |      |        |                                                         |      |
| ПЦБ-55                                                                                              |                |      |        | КНУБА<br>кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій |      |
| Стадія                                                                                              |                | Лист |        | Листів                                                  |      |
|                                                                                                     |                | 5    |        |                                                         |      |



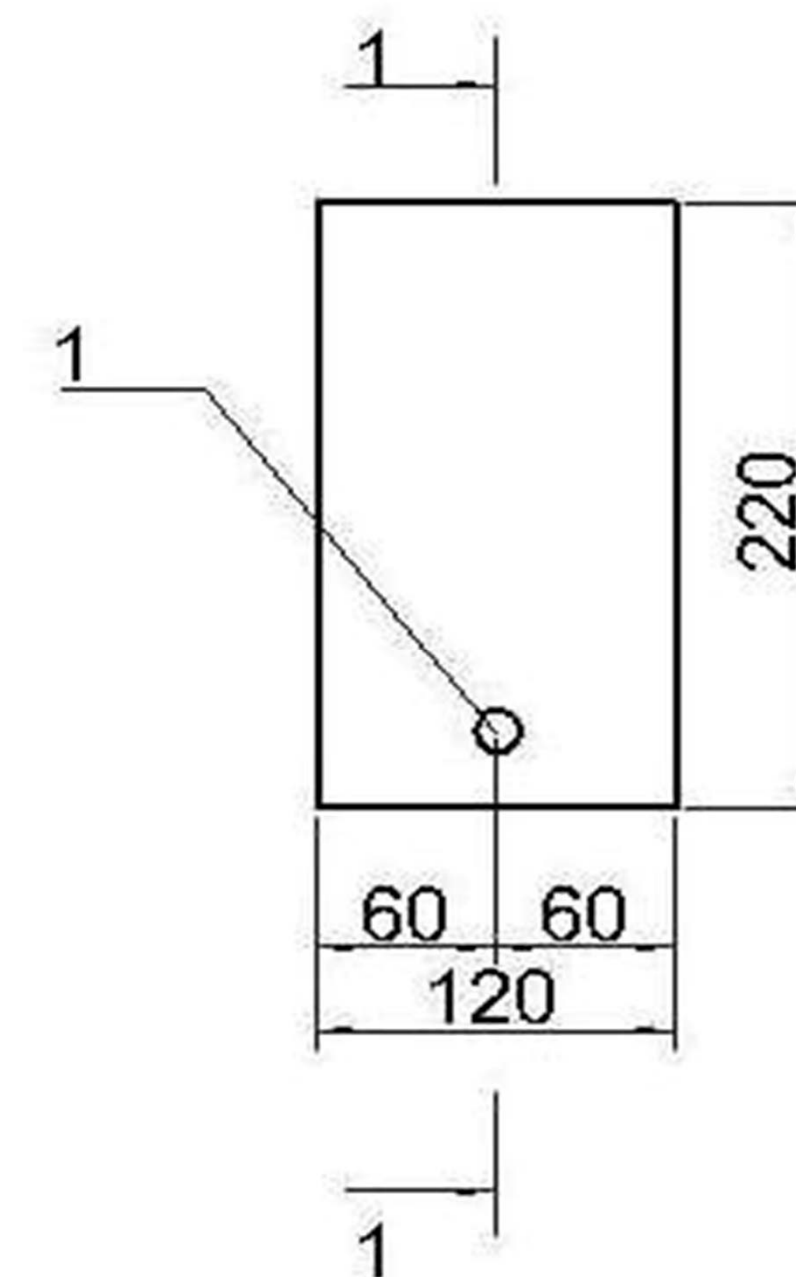
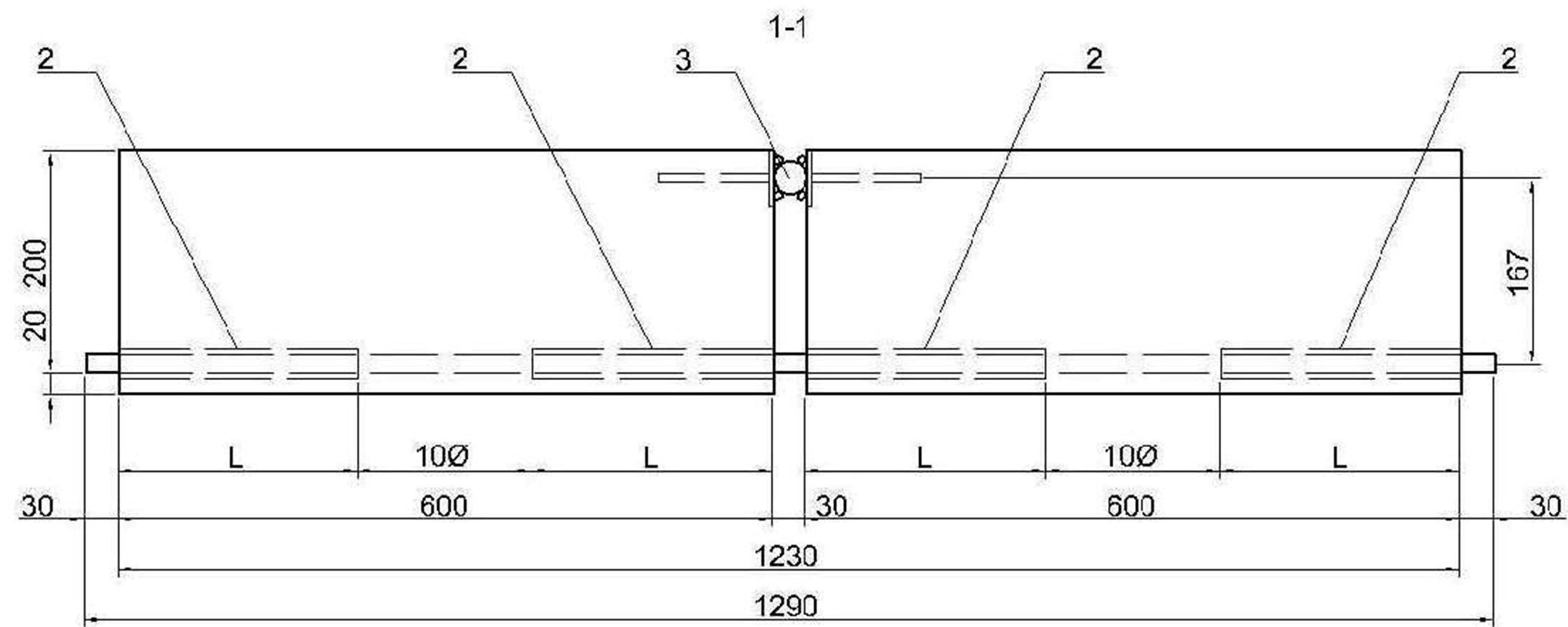
ВИПРОБУВАННЯ НА ВИТЯГУВАННЯ АРМАТУРНОГО  
СТЕРЖНЯ З БЕТОННОЇ ПРИЗМИ



|             |       |      |        |                |      |                                                                                                     |                                                |        |  |
|-------------|-------|------|--------|----------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------|--|
|             |       |      |        |                |      | АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА                                                                     |                                                |        |  |
|             |       |      |        |                |      | Визначення довжини анкерування сталюї арматури у важкому бетоні за різними нормативними документами |                                                |        |  |
| Зм.         | Кілк. | Арх. | № док. | Підпис         | Дата | Стадія                                                                                              | Лист                                           | Листів |  |
| Розробив    |       |      |        | Павлюк А.В.    |      |                                                                                                     | 6                                              |        |  |
| Керівник    |       |      |        | Скорук Л.М.    |      |                                                                                                     |                                                |        |  |
| Консультант |       |      |        | Скорук Л.М.    |      |                                                                                                     |                                                |        |  |
| Н. контроль |       |      |        |                |      | ПЦБ-55                                                                                              | КНУБА                                          |        |  |
|             |       |      |        |                |      |                                                                                                     | кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій |        |  |
| Зав. каф.   |       |      |        | Баращенко А.Я. |      |                                                                                                     |                                                |        |  |

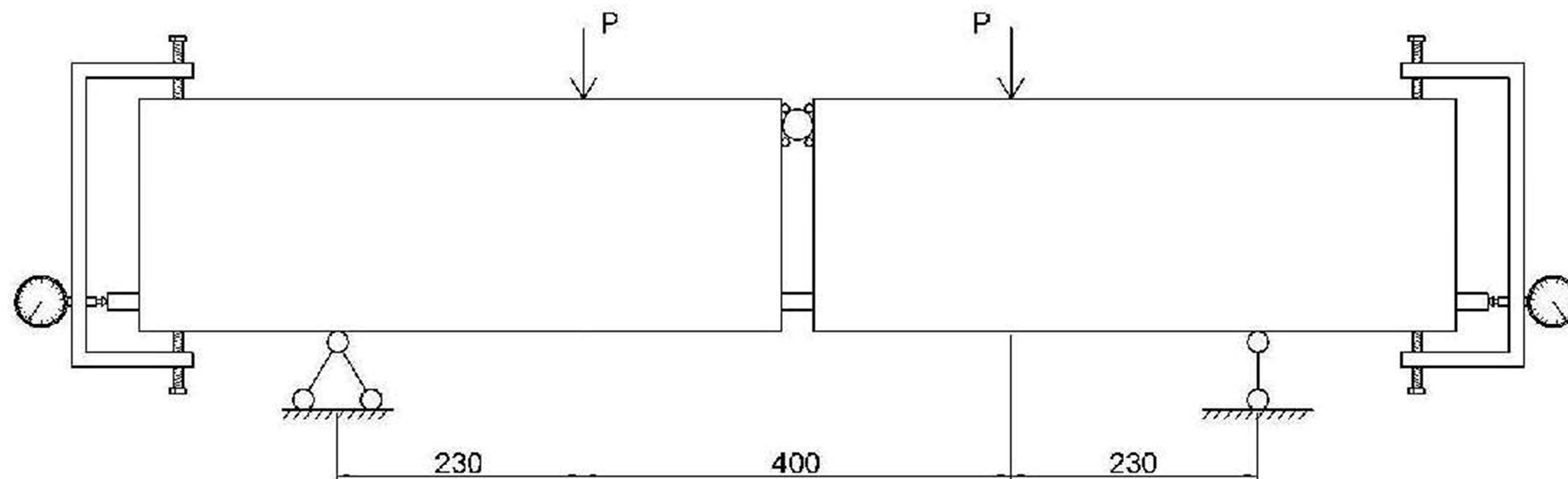


КОНСТРУКЦІЯ ВИПРОБУВАЛЬНИХ ЗРАЗКІВ



- 1 - арматурний стержень  
2 - пластикова трубка  
3 - сталевий циліндр

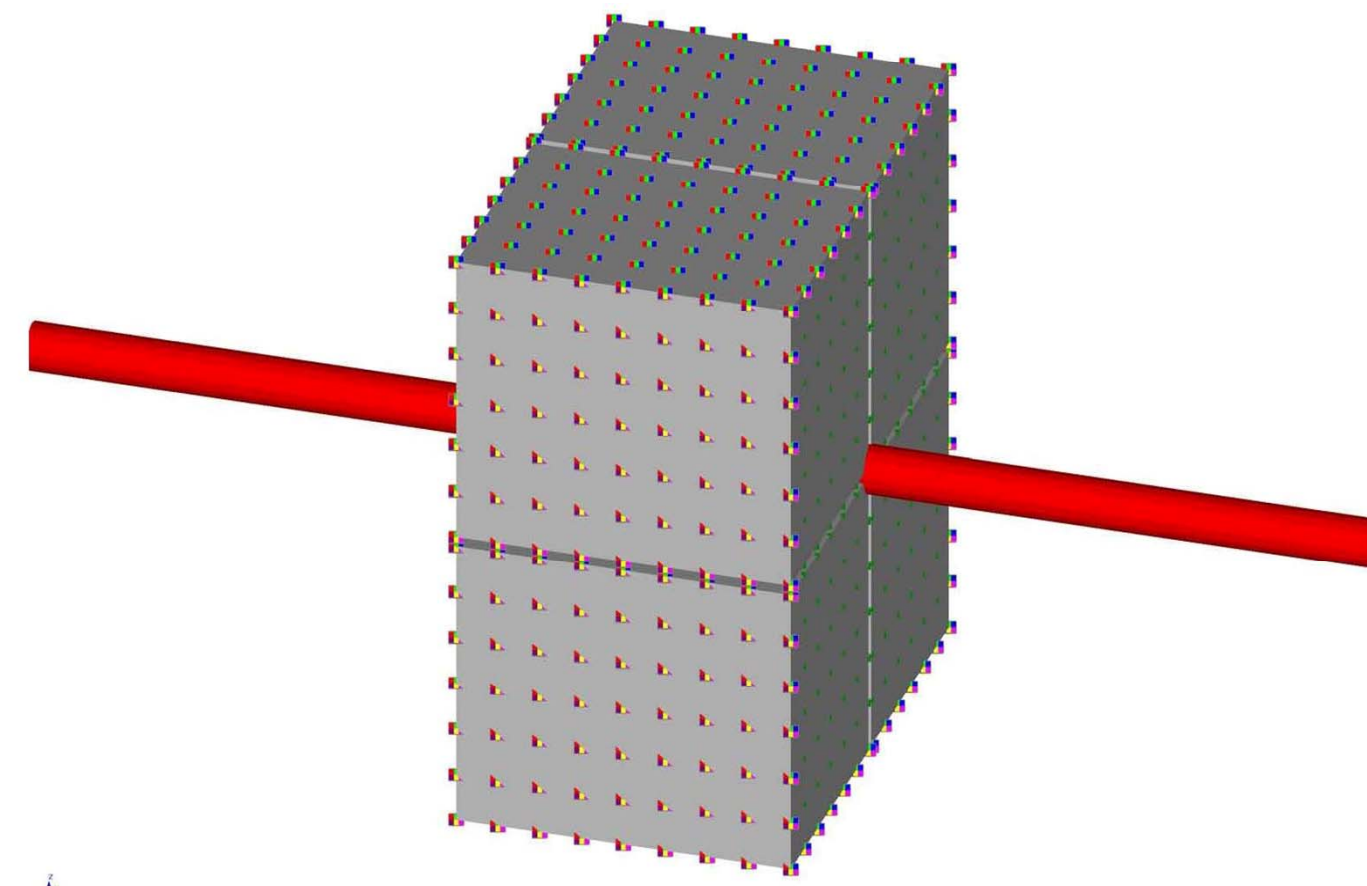
СХЕМА ВИПРОБУВАНЬ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ



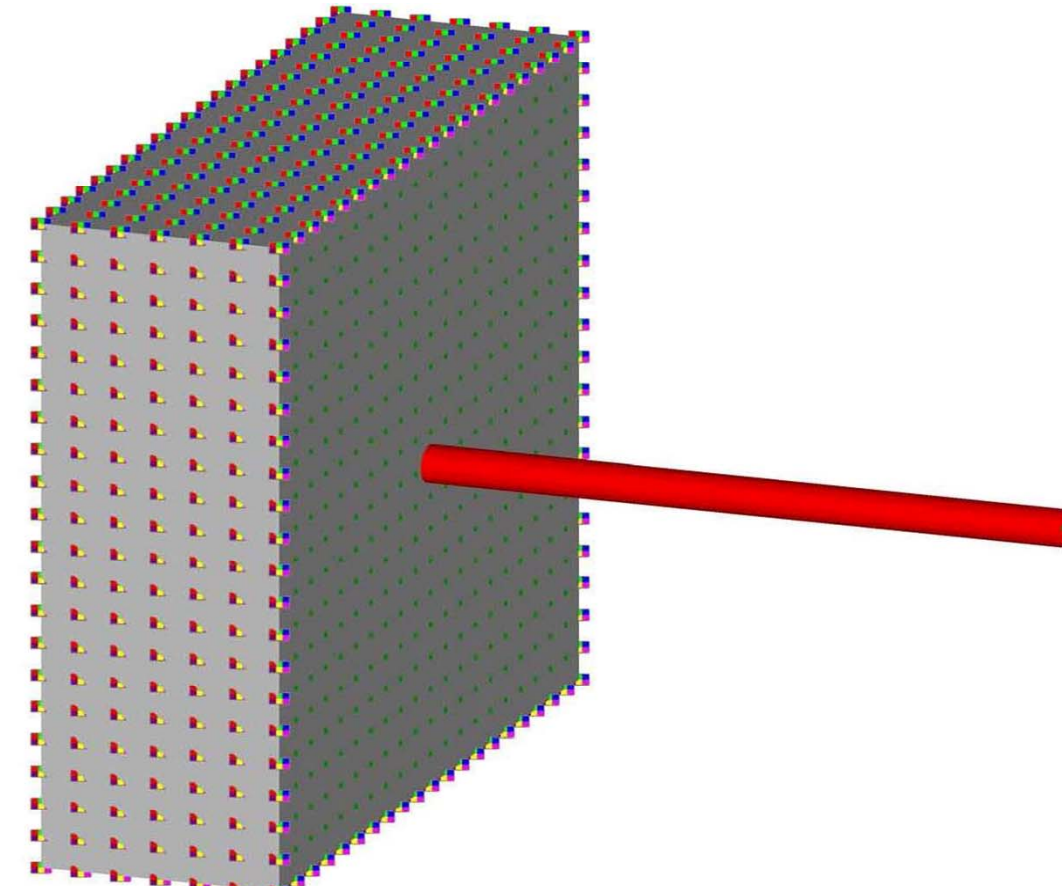
|             |       |      |        |               |      |                                                                                                     |                                                |        |
|-------------|-------|------|--------|---------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------|
|             |       |      |        |               |      | АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА                                                                     |                                                |        |
|             |       |      |        |               |      | Визначення довжини анкерування сталюї арматури у важкому бетоні за різними нормативними документами |                                                |        |
| Зм.         | Кілк. | Арк. | № док. | Підпис        | Дата | Стадія                                                                                              | Лист                                           | Листів |
| Розробив    |       |      |        | Павлюк А.В    |      |                                                                                                     |                                                |        |
| Керівник    |       |      |        | Скорук Л.М    |      |                                                                                                     |                                                | 7      |
| Консультант |       |      |        | Скорук Л.М    |      |                                                                                                     |                                                |        |
| Н. контроль |       |      |        |               |      |                                                                                                     |                                                |        |
|             |       |      |        |               |      | ПЦБ-55                                                                                              | КНУБА                                          |        |
|             |       |      |        |               |      |                                                                                                     | кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій |        |
| Зав. каф.   |       |      |        | Барашиков А.Я |      |                                                                                                     |                                                |        |



Розрахункова модель №1



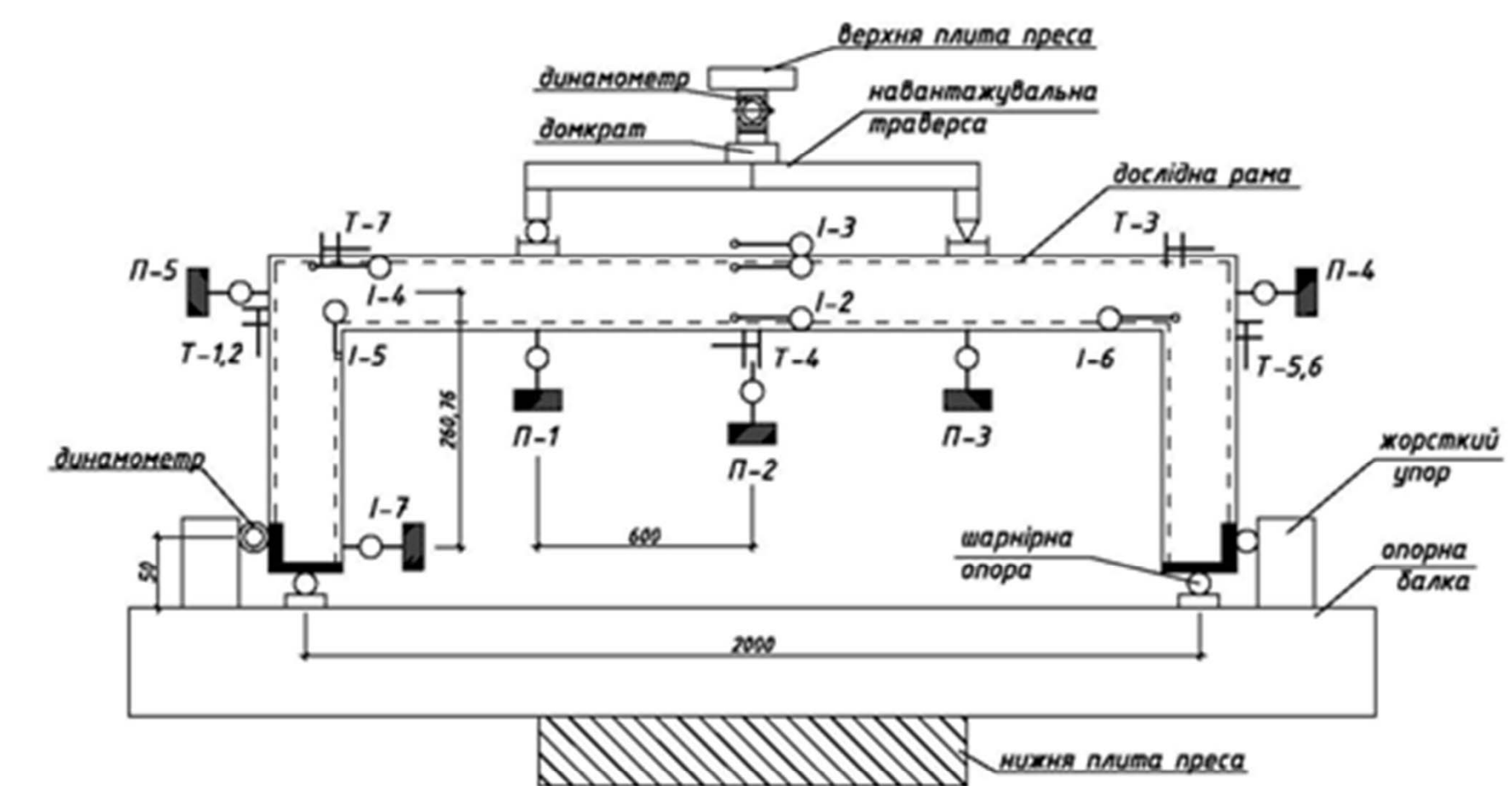
Розрахункова модель №2



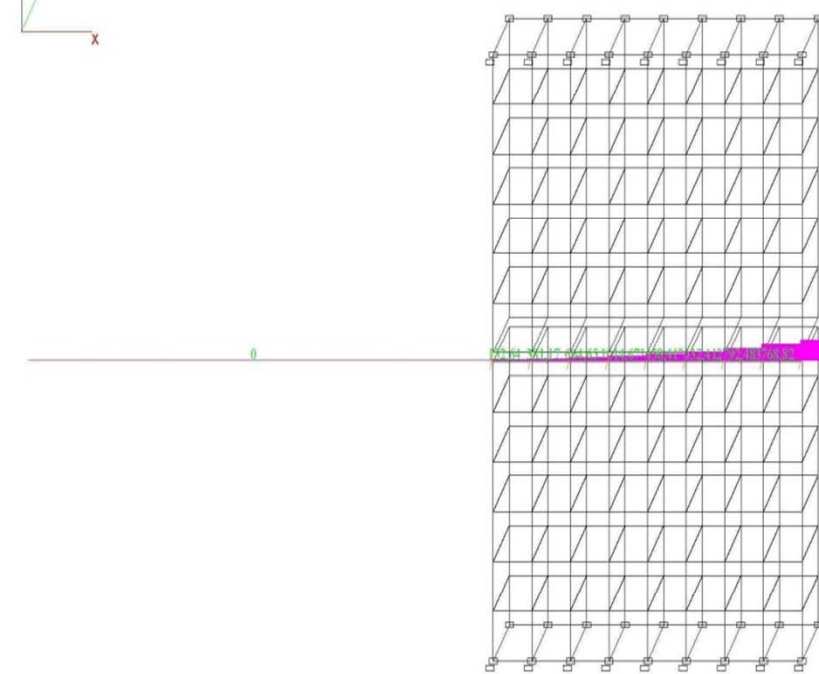
Порівняння дослідних даних та даних чисельних експериментів

| P, кН | Прогини, ε мм |            |         |        |
|-------|---------------|------------|---------|--------|
|       | лінійний      | нелінійний | E змін. | дослід |
| 1,25  | 0,14          | 0,12       | 0,14    | 0,32   |
| 2,5   | 0,25          | 0,27       | 0,2     | 0,72   |
| 3,75  | 0,35          | 0,4        | 0,29    | 1,16   |
| 5     | 0,46          | 0,54       | 0,39    | 1,5    |
| 6,25  | 0,57          | 0,7        | 0,48    | 1,935  |
| 7,5   | 0,68          | 0,84       | 0,58    | 2,37   |
| 8,75  | 0,78          | 0,98       | 0,69    | 2,74   |
| 10    | 0,89          | 1,12       | 0,8     | 3,11   |
| 11,25 | 1             | 1,27       | 0,91    | 3,495  |
| 12,5  | 1,1           | 1,41       | 1,03    | 3,88   |
| 13,75 | 1,21          | 1,55       | 1,15    | 4,37   |
| 15    | 1,32          | 1,7        | 1,27    | 4,86   |
| 16,25 | 1,43          | 1,84       | 1,4     | 5,485  |
| 17,5  | 1,53          | 1,99       | 1,54    | 6,11   |
| 18,75 | 1,64          | 2,13       | 1,68    | 6,62   |
| 20    | 1,75          | 2,28       | 1,83    | 7,13   |
| 21,25 | 1,86          | 2,42       | 1,98    | 7,815  |
| 22,5  | 1,96          | 2,57       | 2,14    | 8,5    |
| 23,75 | 2,07          | 2,71       | 2,31    | 9,095  |
| 25    | 2,18          | 2,86       | 2,49    | 9,69   |
| 26,25 | 2,29          | 3          | 2,67    | 10,41  |
| 27,5  | 2,39          | 3,15       | 2,86    | 11,33  |
| 28,75 | 2,5           | 3,29       | 3,07    | 12,02  |
| 30    | 2,61          | 3,44       | 3,28    | 12,6   |
| 31,25 | 2,72          | 3,59       | 3,5     | 13,39  |
| 32,5  | 2,82          | 3,73       | 3,74    | 14,34  |
| 33,75 | 2,93          | 3,88       | 3,99    | 15,21  |
| 35    | 3,04          | 4,02       | 4,25    | 16,24  |

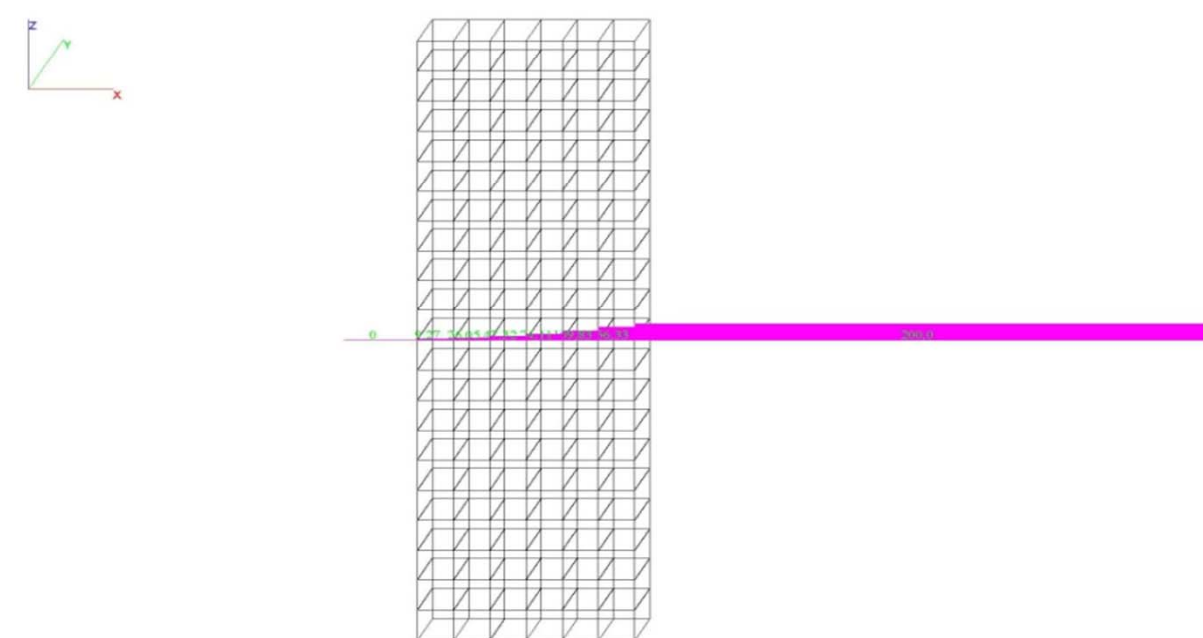
Схема експериментальних досліджень



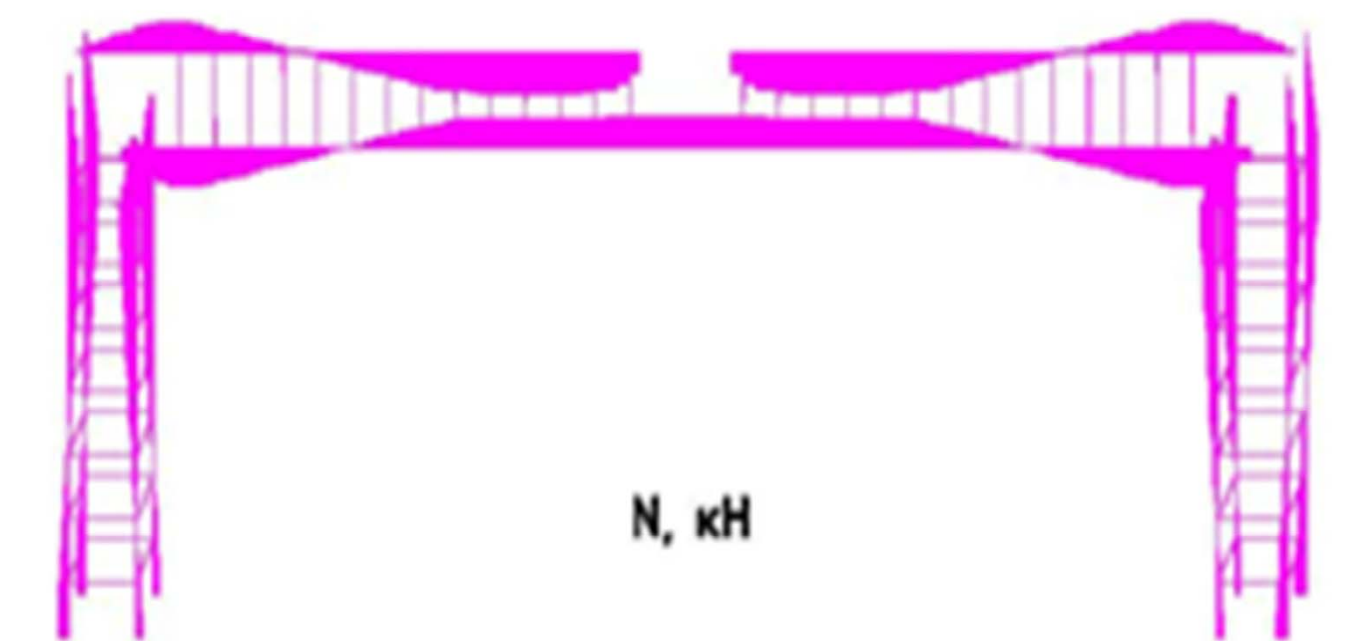
Епюра внутрішніх зусиль N, т



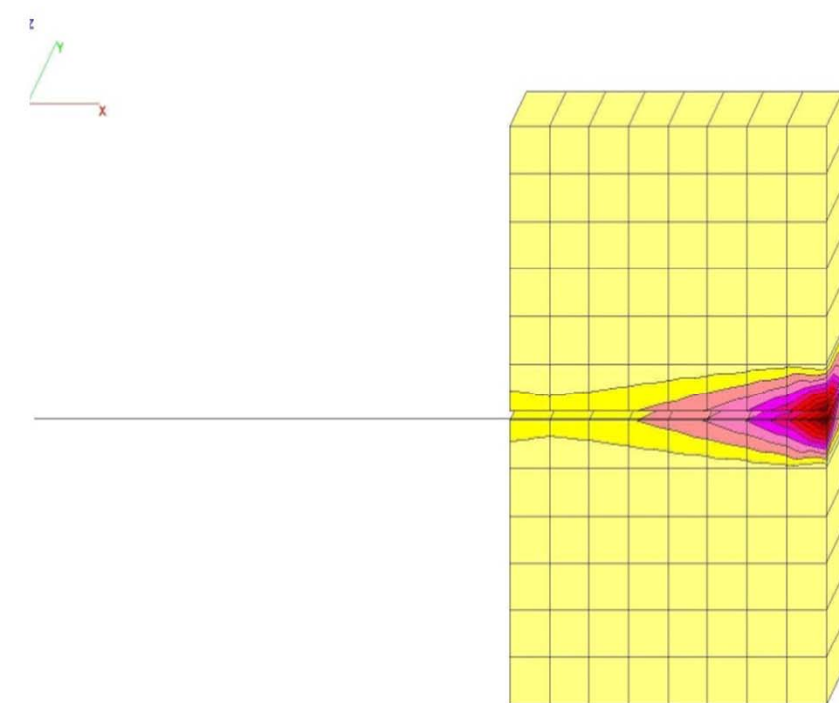
Епюра внутрішніх зусиль N, т



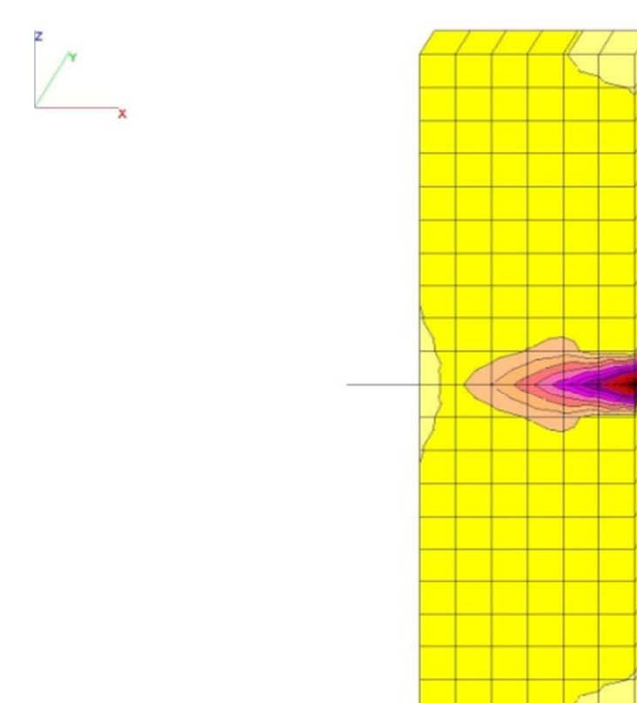
Епюри зусиль у арматурі рами



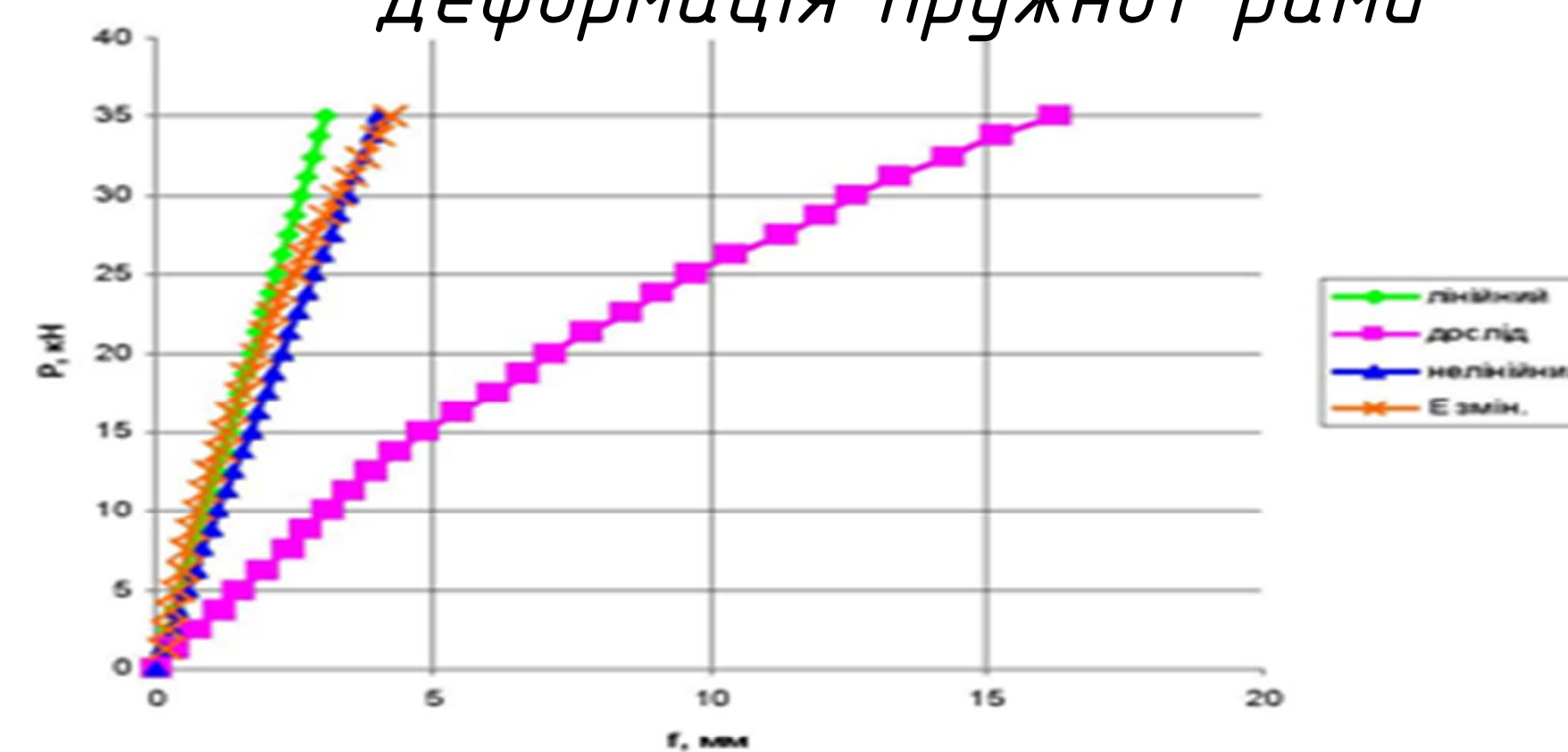
Поля напружень



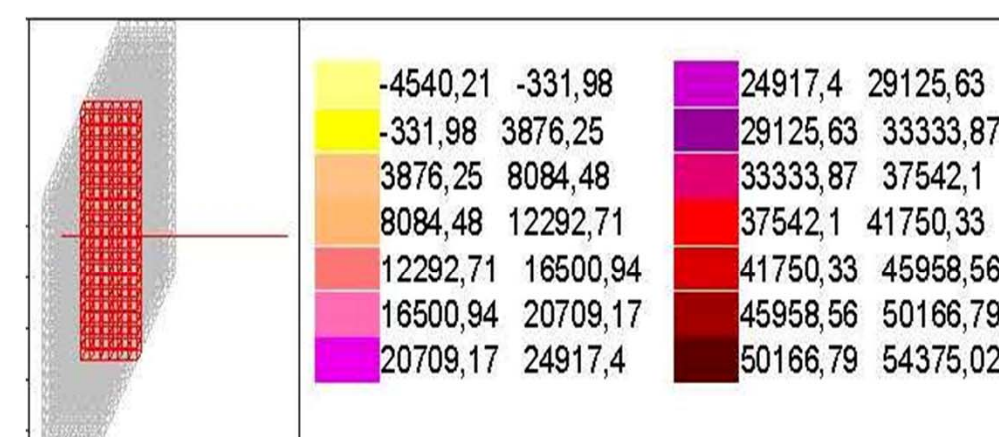
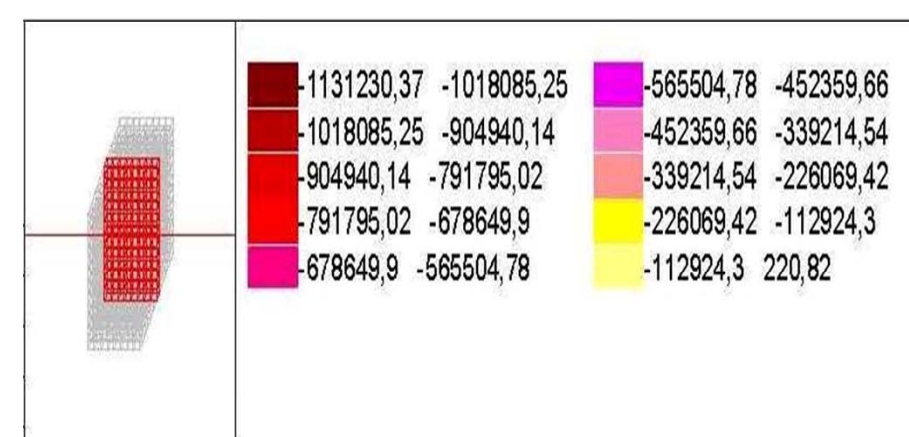
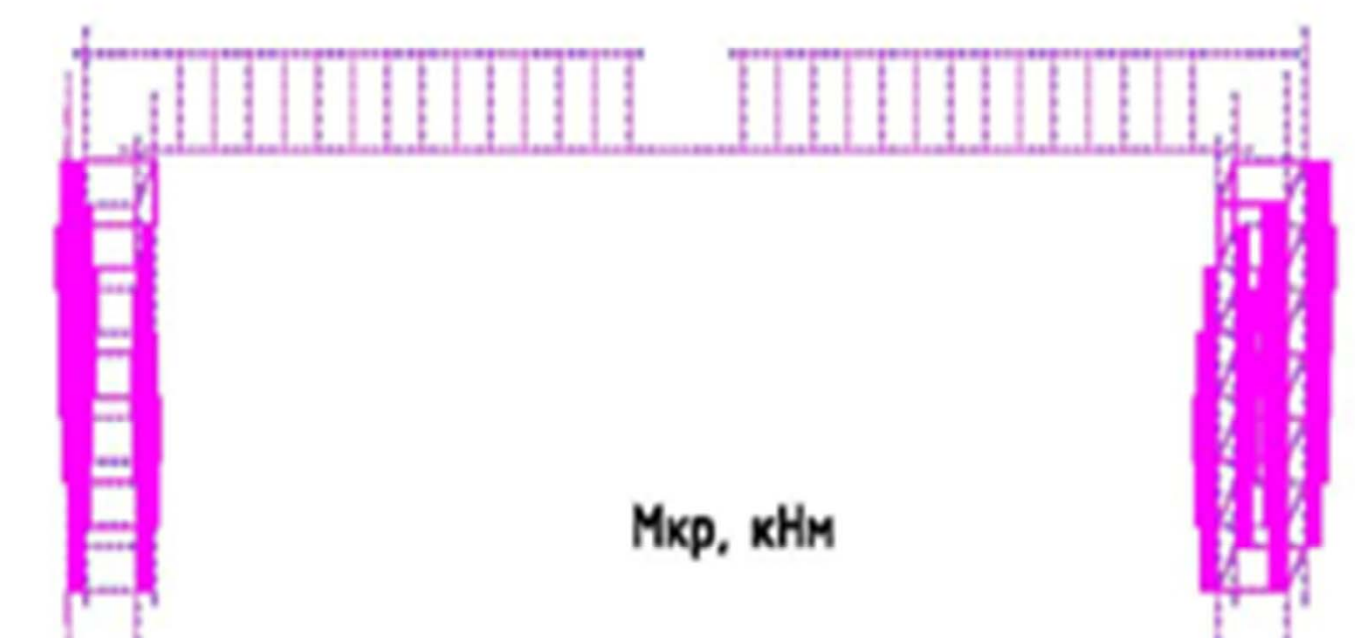
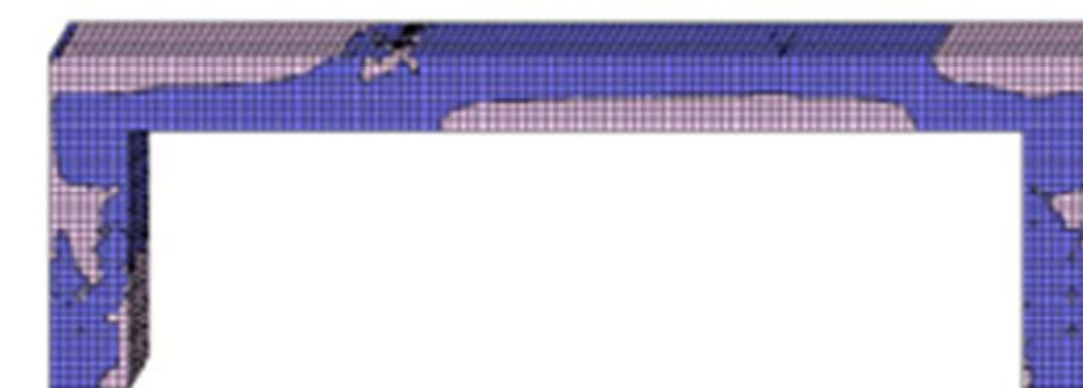
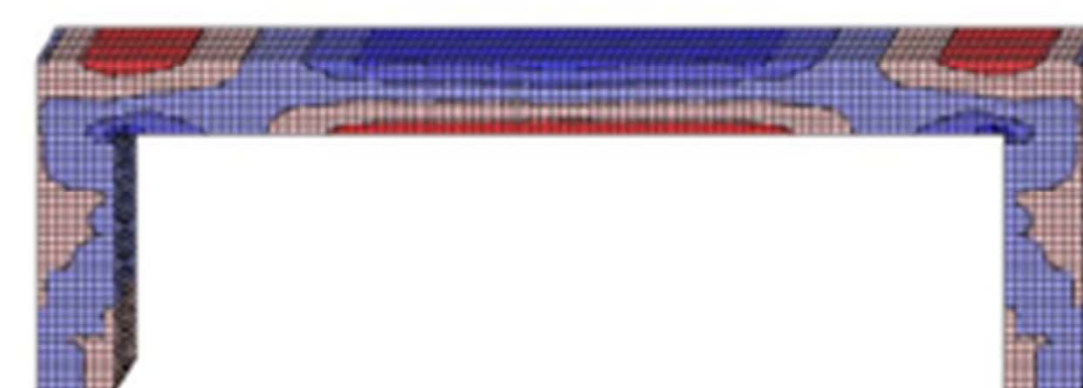
Поля напружень



Деформація пружної рами



Поля напружень у тілі бетону рами, NХ, т/м<sup>2</sup>  
Лінійний розрахунок      Нелінійний розрахунок



| АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА                                                                       |                |      |        |                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|--------|------------------------------------------------------------|
| Визначення довжини анкерування сталеної арматури у важкому бетоні за різними нормативними документами |                |      |        |                                                            |
| Зм.                                                                                                   | Кілк.          | Арх. | № док. | Підпис                                                     |
| Розробив                                                                                              | Павлик А.В.    |      |        |                                                            |
| Керівник                                                                                              | Скорук Л.М.    |      |        |                                                            |
| Консультант                                                                                           | Скорук Л.М.    |      |        |                                                            |
| Н. контроль                                                                                           |                |      |        |                                                            |
| Зав. каф.                                                                                             | Барацький А.Я. |      |        |                                                            |
| ПЦБ-55                                                                                                |                |      |        | КНУБА<br>кафедра залізобетонних та<br>кам'яних конструкцій |



| СНиП 2.03.01-84.<br>Бетонные и железобетонные<br>конструкции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | ДСТУ Б В.2.6-156:2010<br>та<br>EN 1992-1-1:2004                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Рекомендации по применению<br>арматурного проката<br>по ДСТУ 3760-98                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | СП 52-101-2003<br>Бетонные и железобетонные<br>конструкции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $l_{an} = (\omega_{an} \cdot \frac{R_s}{R_b} + \Delta\lambda_{an}) \cdot d \geq \lambda_{an} \cdot d$ <p><math>d</math> - діаметр арматурного стержня;<br/><math>\omega_{an}, \Delta\lambda_{an}, \lambda_{an}</math> - коефіцієнти, що приймаються за табл.37 в залежності від умов роботи та профілю ненапруженої арматури;<br/><math>R_s</math> - розрахунковий опір поздовжньої арматури розтягу для граничних станів I групи за табл.22;<br/><math>R_b</math> - розрахунковий опір бетону для граничних станів I групи по міцності на стиск за табл.12.</p> | $l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$ <p><math>\alpha_1</math> - вплив форми стрижнів за умови необхідного захисного шару;<br/><math>\alpha_2</math> - вплив мінімального захисного шару бетону;<br/><math>\alpha_3</math> - стримуючий вплив поперечної арматури;<br/><math>\alpha_4</math> - вплив одного або більше приварених поперечних стрижнів вдовж розрахункової довжини анкерування <math>l_{bd}</math>;<br/><math>\alpha_5</math> - вплив поперечного тиску на площину розколювання вдовж розрахункової довжини анкерування;<br/><math>l_{b,rqd}</math> - базова довжина анкерування, яка враховує діаметр стержня, розрахункові напруження у стержні та граничні напруження зчеплення;<br/><math>l_{b,min}</math> - мінімальна довжина анкерування.</p> | $l_{an} = \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,reg}}{A_{s,prov}} \geq l_{an,min}$ <p><math>\varphi_1</math> - коефіцієнт, що враховує метод анкерування;<br/><math>\varphi_2</math> - коефіцієнт, що враховує наявність розподільчої арматури;<br/><math>\varphi_3</math> - коефіцієнт, що враховує наявність стискуючих напружень в бетоні, що діють перпендикулярно анкерованому стержню;<br/><math>l_b</math> - базова довжина анкерування;<br/><math>A_{s,reg}</math> - площа арматури, необхідна за розрахунком;<br/><math>A_{s,prov}</math> - фактично встановлена площа арматури;<br/><math>l_{an,min}</math> - мінімальна довжина анкерування.</p> | $200\text{мм} \leq l_{an} = \alpha \cdot l_{0,an} \cdot \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} \geq 0,3 \cdot l_{0,an}$ <p><math>\alpha</math> - коефіцієнт, що враховує вплив на довжину анкерування напруженого стану бетону і арматури і конструктивного рішення елемента в зоні анкерування;<br/><math>l_{0,an}</math> - базова довжина анкерування, яка враховує діаметр арматурного стержня, розрахунковий опір поздовжньої арматури розтягу та розрахунковий опір зчеплення арматури з бетоном;<br/><math>A_{s,cal}</math> - площа арматури, необхідна за розрахунком;<br/><math>A_{s,ef}</math> - фактично встановлена площа арматури.</p> |

|                                                                                                       |                  |      |        |                                                |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|--------|------------------------------------------------|------|
| АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА                                                                       |                  |      |        |                                                |      |
| Визначення довжини анкерування сталеної арматури у важкому бетоні за різними нормативними документами |                  |      |        |                                                |      |
| Зм.                                                                                                   | Кілк.            | Арк. | № док. | Підпис                                         | Дата |
| Розробив                                                                                              | Павлюк А.В.      |      |        |                                                |      |
| Керівник                                                                                              | Скорук Л.М.      |      |        |                                                |      |
| Консультант                                                                                           | Скорук Л.М.      |      |        |                                                |      |
| Н. контроль                                                                                           |                  |      |        |                                                |      |
| Зав. каф.                                                                                             | Боравицький А.Я. |      |        |                                                |      |
| ПЦБ-55                                                                                                |                  |      |        | Стадія                                         | Лист |
|                                                                                                       |                  |      |        |                                                | 9    |
|                                                                                                       |                  |      |        | Листів                                         |      |
|                                                                                                       |                  |      |        | КНУБА                                          |      |
|                                                                                                       |                  |      |        | кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій |      |



ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ АНКЕРУВАННЯ АРМАТУРИ ЗА РІЗНИМИ  
НОРМАТИВНИМИ ДОКУМЕНТАМИ НА ОСНОВІ ЗАДАНИХ ВИХІДНИХ ДАНИХ

10

Вихідні дані:

- Арматура класу А400С d=16 мм періодичного профілю;
- Бетон класу В25;
- Умови заделки – розтягнута арматура в розтягнутому бетоні.

| СНиП 2.03.01-84.<br>Бетонные и железобетонные<br>конструкции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ДСТУ Б В.2.6-156:2010<br>та<br>EN 1992-1-1:2004                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Рекомендации по применению<br>арматурного проката<br>по ДСТУ 3760-98                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | СП 52-101-2003<br>Бетонные и железобетонные<br>конструкции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $l_{an} = (0,7 \cdot \frac{365}{14,5} + 11) \cdot 0,016 = 0,458 м = 458 мм > 20 \cdot 0,016 = 0,32 м = 320 мм$ <p>d=16мм=0,016м – діаметр арматурного стержня;<br/><math>\omega_{an} = 0,7</math>, <math>\Delta\lambda_{an} = 11</math>, <math>\lambda_{an} = 20</math> – коефіцієнти прийняті за табл.37 для розтягнутої арматури в розтягнутому бетоні та при періодичному профілю арматурного стержня;<br/><math>R_s = 365 МПа</math> – розрахунковий опір поздовжньої арматури розтягу для граничних станів I групи;<br/><math>R_b = 14,5 МПа</math> – розрахунковий опір бетону для граничних станів I групи по міцності на стиск.</p> | $l_{bd} = 1 \cdot 0,963 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,883 = 0,595 м = 595 мм \geq l_{b, min} = 265 мм$ <p><math>\alpha_1=1</math>, <math>\alpha_2=0,963</math>, <math>\alpha_3=1</math>, <math>\alpha_4=0,7</math>, <math>\alpha_5=1</math> – при прямом анкеруванні розтягнутого стержня. При цьому було прийнято, що захисний шар бетону становить 20мм;<br/><math>l_{b, reqd} = 0,883 м</math> – базова довжина анкерування, яка враховує діаметр стержня, розрахункові напруження у стержні та граничні напруження зчеплення;<br/><math>l_{b, min} = 265 мм</math> – мінімальна довжина анкерування.</p> | $l_{an} = 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,635 \cdot 1 = 0,508 м = 508 мм \geq l_{an, min} = 240 мм$ <p><math>\varphi_1 = 1</math>, <math>\varphi_2 = 1</math>, <math>\varphi_3 = 0,8</math> – за табл.9<br/><math display="block">l_b = \frac{0,016}{4} \cdot \frac{365}{1 \cdot 1 \cdot 2,3} = 0,635 м = 635 мм</math> – базова довжина анкерування;<br/><math>\frac{A_{s, reg}}{A_{s, prov}} = 1</math> – відношення площі арматури до фактично встановленої;<br/><math>l_{an, min} = 240 мм</math> – мінімальна довжина анкерування.</p> | $200 мм \leq l_{an} = 1 \cdot 0,556 \cdot 1 = 0,556 м = 556 мм \geq 0,3 \cdot 0,556 = 0,167 м = 167 мм$ <p><math>\alpha=1</math> – для прямого анкерування арматури періодичного профілю;<br/><math display="block">l_{o, an} = \frac{365 \cdot 200,96 \cdot 10^{-6}}{2,625 \cdot 3,14 \cdot 0,016} = 0,556 м = 556 мм</math> – базова довжина анкерування;<br/><math>\frac{A_{s, reg}}{A_{s, prov}} = 1</math> – відношення площі арматури до фактично встановленої.</p> |

|                                                                                                       |                |      |        |                                                         |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|--------|---------------------------------------------------------|------|
| АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА                                                                       |                |      |        |                                                         |      |
| Визначення довжини анкерування сталеної арматури у важкому бетоні за різними нормативними документами |                |      |        |                                                         |      |
| Зм.                                                                                                   | Кілк.          | Арх. | № док. | Підпис                                                  | Дата |
| Розробив                                                                                              | Павлюк А.В.    |      |        |                                                         |      |
| Керівник                                                                                              | Скорук Л.М.    |      |        |                                                         |      |
| Консультант                                                                                           | Скорук Л.М.    |      |        |                                                         |      |
| Н. контроль                                                                                           |                |      |        |                                                         |      |
| Зав. каф.                                                                                             | Баращенко А.Я. |      |        |                                                         |      |
| ПЦБ-55                                                                                                |                |      |        | Стадія                                                  | Лист |
|                                                                                                       |                |      |        |                                                         | 10   |
|                                                                                                       |                |      |        | КНУБА<br>кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій |      |

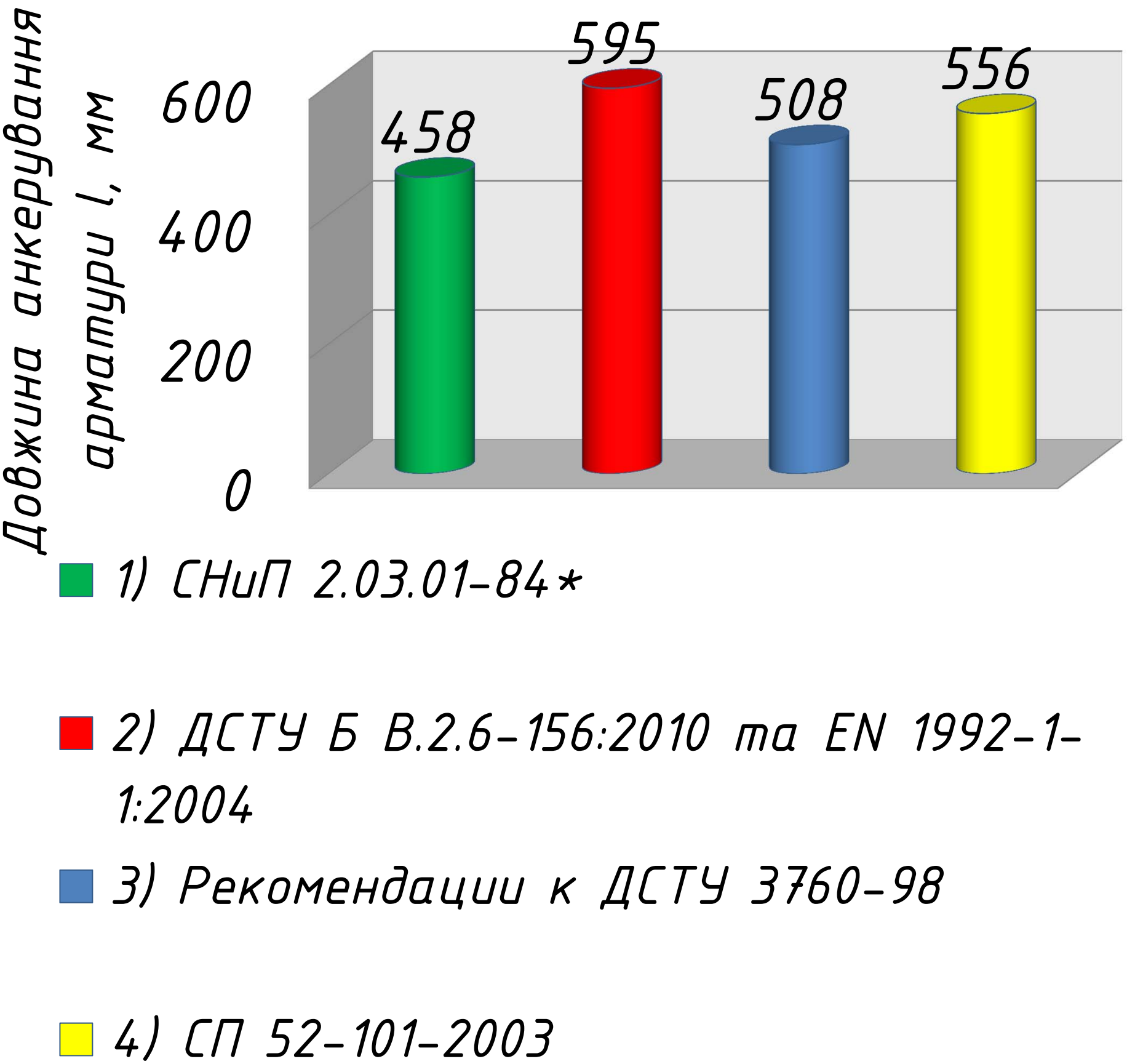
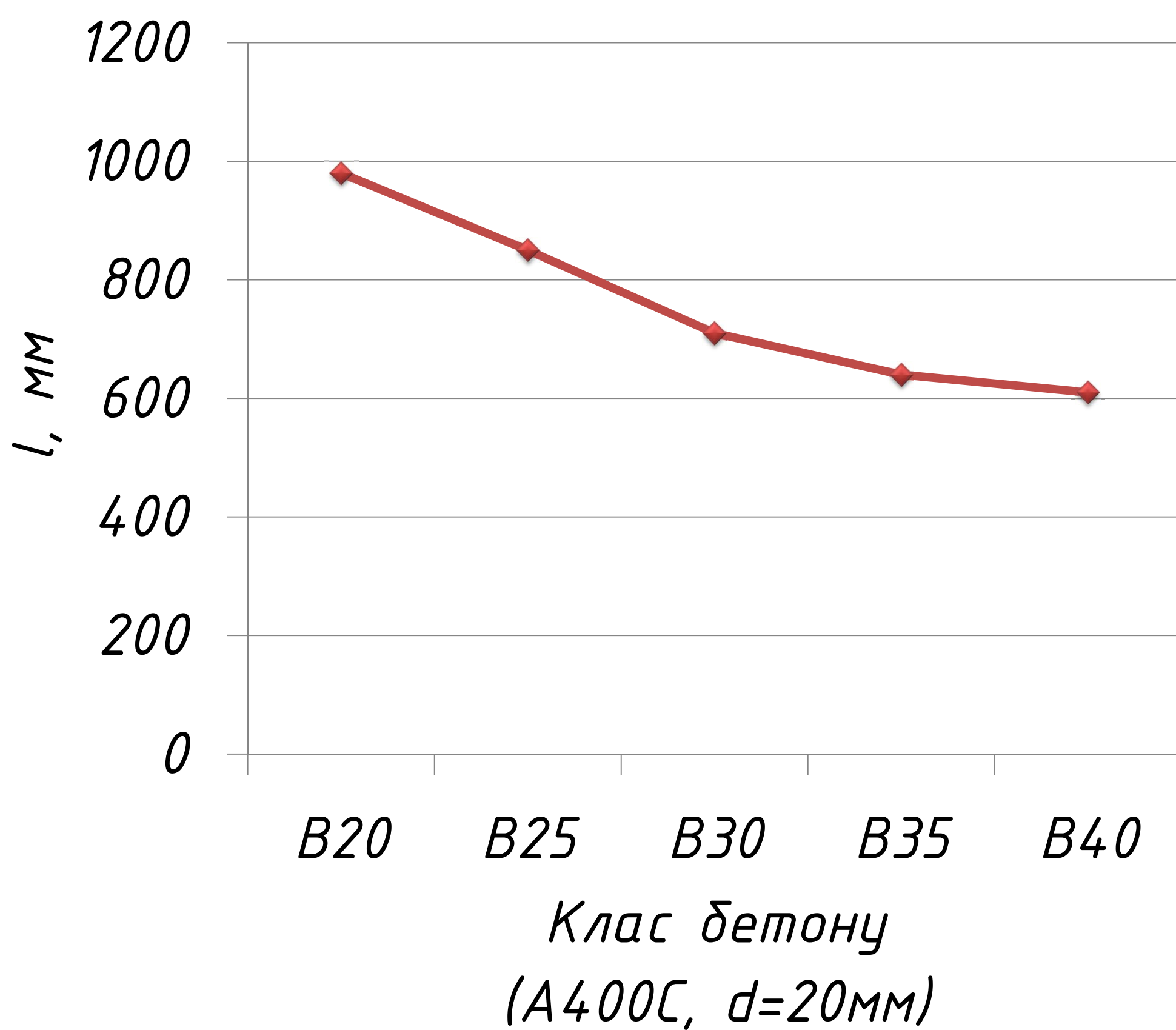
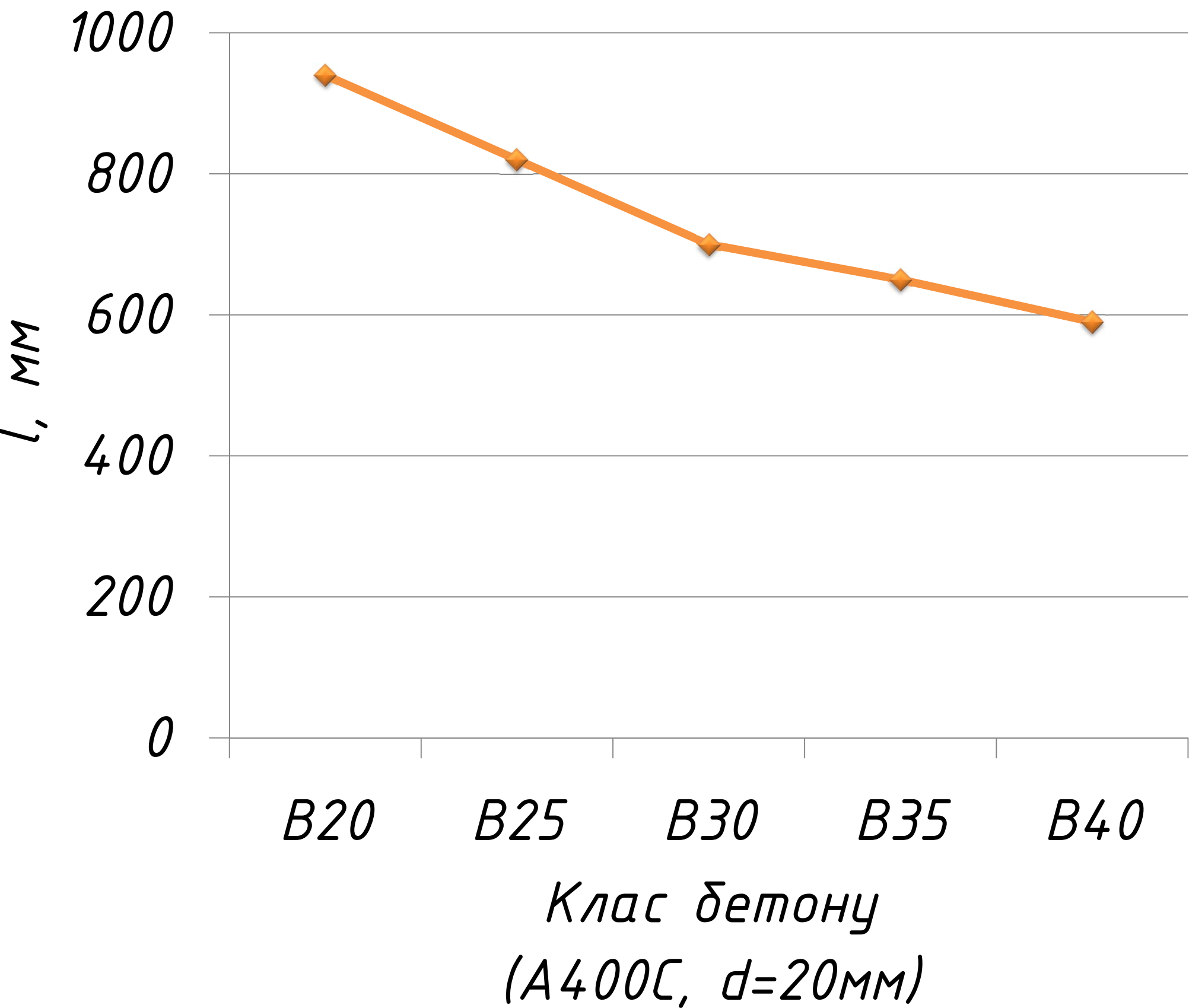
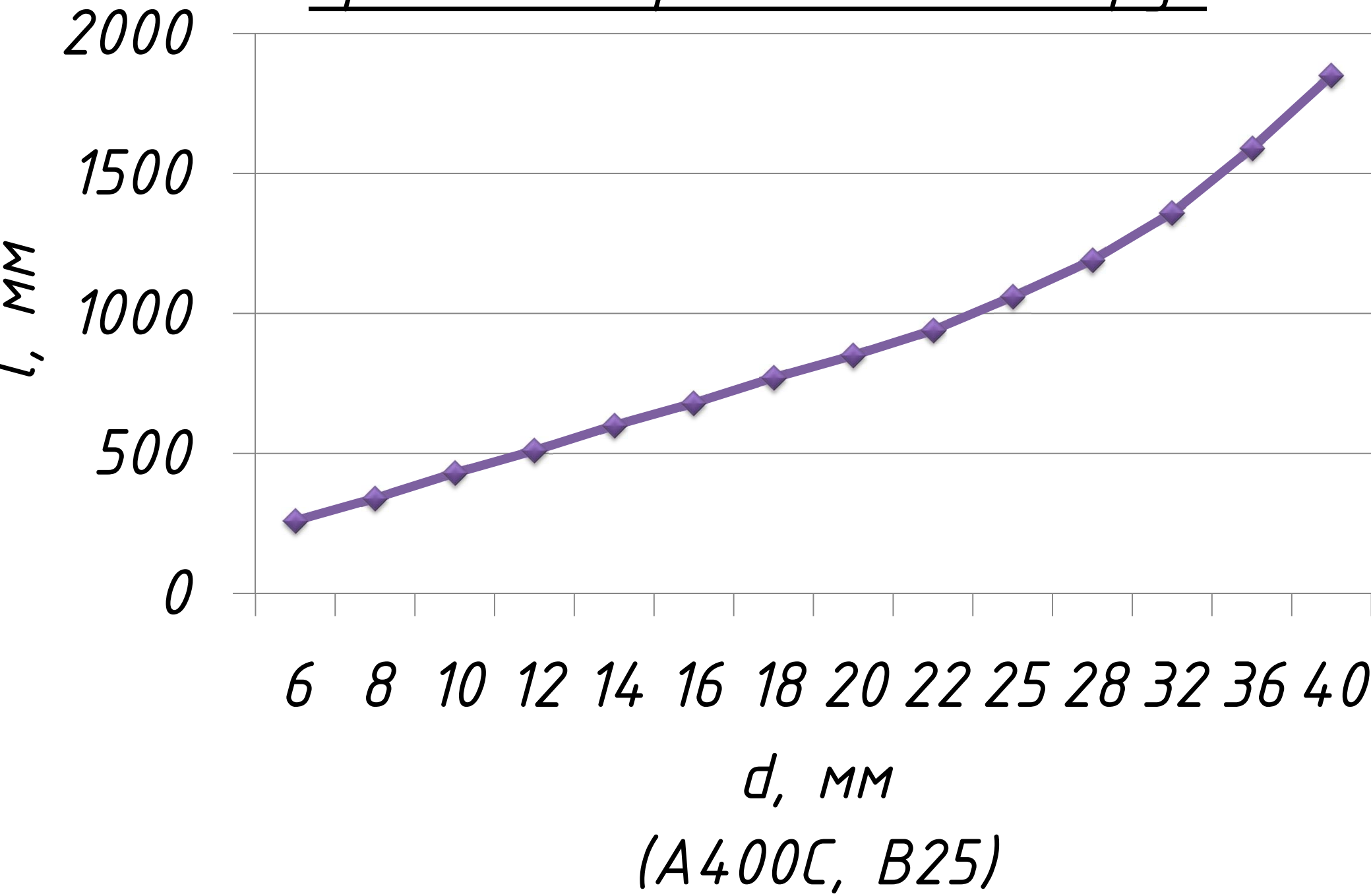
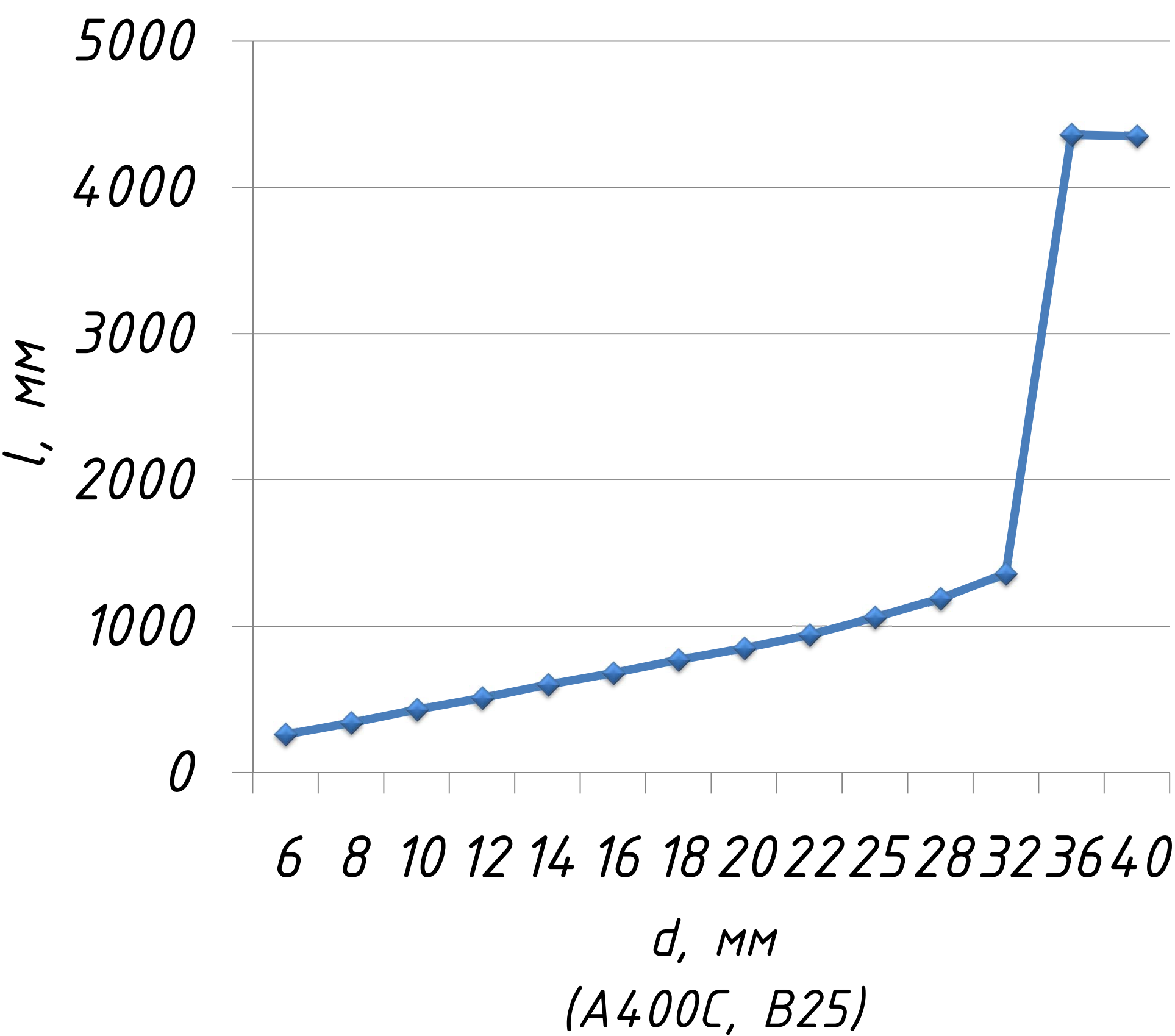
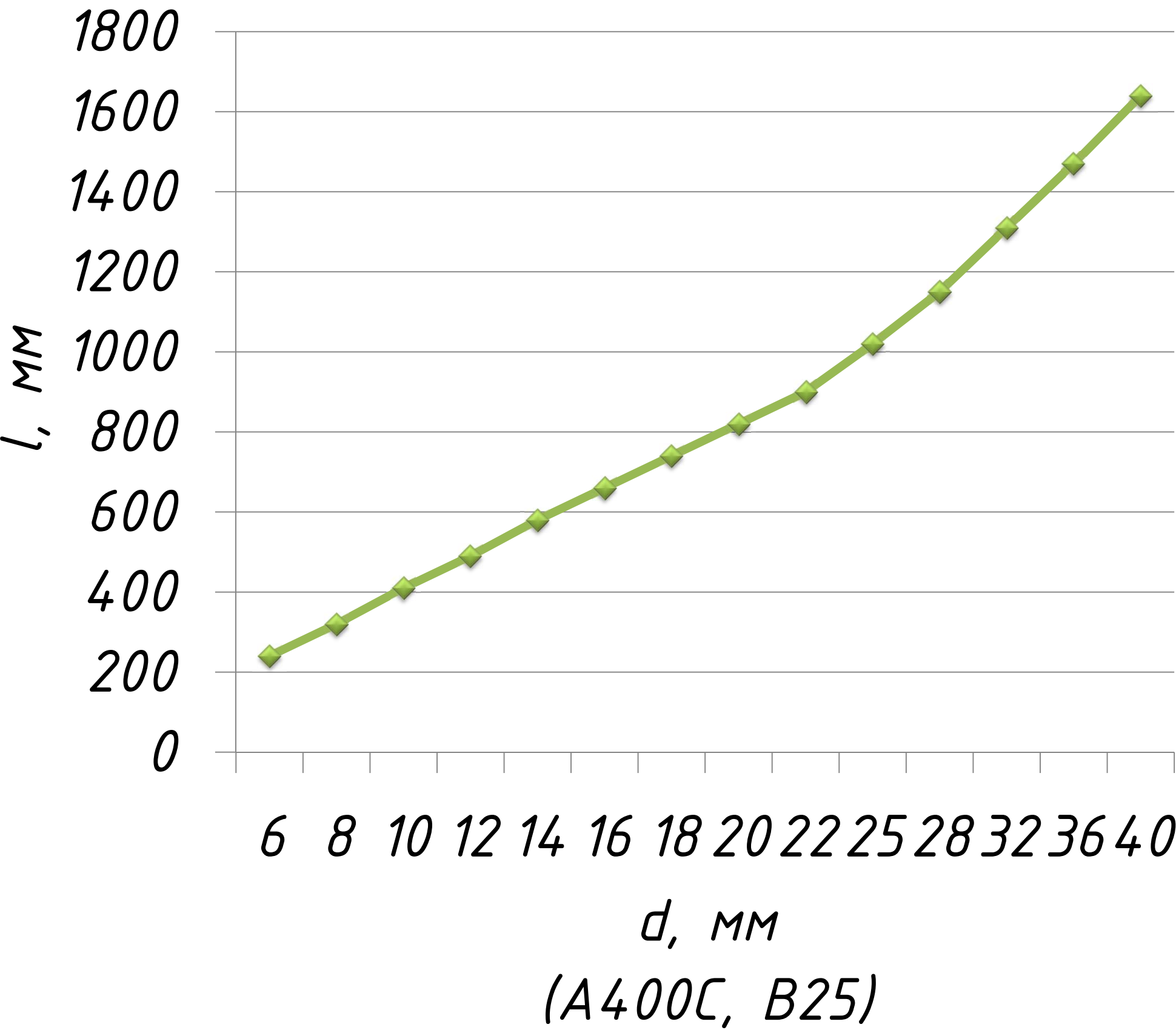


ПОРІВНЯЛЬНІ ГРАФІКИ ДОВЖИН АНКЕРУВАННЯ

Рекомендации по применению арматурного проката по ДСТУ 3760-98 при проектировании и изготовлении железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры

ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування

EN 1992-1-1:2004 Єврокод 2: Проектування залізобетонних конструкцій – частина 1-1: Загальні правила і правила для споруд



|                                                                                                       |              |      |        |                                                         |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|--------|---------------------------------------------------------|--------|
| АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА                                                                       |              |      |        |                                                         |        |
| Визначення довжини анкерування сталеної арматури у важкому бетоні за різними нормативними документами |              |      |        |                                                         |        |
| Зм.                                                                                                   | Кілк.        | Арх. | № док. | Підпис                                                  | Дата   |
| Розробник                                                                                             | Павлюк А.В.  |      |        |                                                         |        |
| Керівник                                                                                              | Скорук Л.М.  |      |        |                                                         |        |
| Консультант                                                                                           | Скорук Л.М.  |      |        |                                                         |        |
| Н. контроль                                                                                           |              |      |        |                                                         |        |
| Зав. каф.                                                                                             | Борисюк А.Я. |      |        |                                                         |        |
| ПЦБ-55                                                                                                |              |      |        | Стадія                                                  | Лист   |
|                                                                                                       |              |      |        | 11                                                      | Листів |
|                                                                                                       |              |      |        | КНУБА<br>кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій |        |



# ТАБЛИЦІ ЗНАЧЕНЬ ДОВЖИН АНКЕРУВАННЯ АРМАТУРИ

Рекомендации по применению арматурного проката по ДСТУ 3760-98 при проектировании и изготовлении железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры

ДСТУ Б В.2.6-156:2010  
Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону.  
Правила проектування

Бетон класу В20

| Клас арматури по<br>ДСТУ 3760:2006 | Діаметр арматурного стержня, мм               |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                    | Розрахункова довжина анкерування арматури, мм |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                    | 6                                             | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 18   | 20   | 22   | 25   | 28   | 32   | 36   | 40   |
| A240C                              | 170                                           | 230 | 290 | 340 | 400 | 450 | 510  | 570  | 620  | 710  | 790  | 900  | 1020 | 1130 |
| A400C                              | 280                                           | 370 | 470 | 570 | 660 | 750 | 850  | 940  | 1040 | 1180 | 1320 | 1500 | 1690 | 1880 |
| A500C                              | 340                                           | 450 | 570 | 680 | 790 | 900 | 1020 | 1130 | 1240 | 1360 | 1530 | 1740 | 1960 | 2180 |

Бетон класу В25

| Клас арматури по<br>ДСТУ 3760:2006 | Діаметр арматурного стержня, мм               |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
|                                    | Розрахункова довжина анкерування арматури, мм |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |
|                                    | 6                                             | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 18  | 20  | 22   | 25   | 28   | 32   | 36   | 40   |
| A240C                              | 150                                           | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 490 | 540  | 620  | 690  | 790  | 890  | 980  |
| A400C                              | 240                                           | 320 | 410 | 490 | 580 | 660 | 740 | 820 | 900  | 1020 | 1150 | 1310 | 1470 | 1640 |
| A500C                              | 300                                           | 400 | 490 | 590 | 690 | 790 | 890 | 980 | 1080 | 1190 | 1330 | 1520 | 1710 | 1900 |

Бетон класу В30

| Клас арматури по<br>ДСТУ 3760:2006 | Діаметр арматурного стержня, мм               |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
|                                    | Розрахункова довжина анкерування арматури, мм |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
|                                    | 6                                             | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 18  | 20  | 22  | 25   | 28   | 32   | 36   | 40   |
| A240C                              | 130                                           | 170 | 210 | 250 | 300 | 340 | 380 | 420 | 460 | 530  | 590  | 670  | 750  | 840  |
| A400C                              | 210                                           | 280 | 350 | 420 | 490 | 560 | 630 | 700 | 770 | 870  | 980  | 1120 | 1250 | 1390 |
| A500C                              | 250                                           | 340 | 420 | 500 | 590 | 670 | 750 | 840 | 920 | 1010 | 1130 | 1290 | 1450 | 1620 |

Бетон класу В35

| Клас арматури по<br>ДСТУ 3760:2006 | Діаметр арматурного стержня, мм               |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                                    | Розрахункова довжина анкерування арматури, мм |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
|                                    | 6                                             | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 18  | 20  | 22  | 25  | 28   | 32   | 36   | 40   |
| A240C                              | 120                                           | 160 | 200 | 240 | 280 | 320 | 350 | 390 | 430 | 490 | 550  | 630  | 700  | 780  |
| A400C                              | 190                                           | 260 | 330 | 390 | 460 | 520 | 590 | 650 | 720 | 810 | 910  | 1040 | 1170 | 1300 |
| A500C                              | 240                                           | 320 | 390 | 470 | 550 | 630 | 700 | 780 | 860 | 940 | 1050 | 1200 | 1350 | 1500 |

Бетон класу В40

| Клас арматури по<br>ДСТУ 3760:2006 | Діаметр арматурного стержня, мм               |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
|                                    | Розрахункова довжина анкерування арматури, мм |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |
|                                    | 6                                             | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 18  | 20  | 22  | 25  | 28  | 32   | 36   | 40   |
| A240C                              | 110                                           | 150 | 180 | 220 | 250 | 290 | 320 | 360 | 390 | 440 | 500 | 570  | 640  | 710  |
| A400C                              | 180                                           | 230 | 300 | 360 | 420 | 470 | 530 | 590 | 650 | 740 | 830 | 940  | 1060 | 1180 |
| A500C                              | 220                                           | 290 | 360 | 430 | 500 | 570 | 640 | 710 | 780 | 850 | 960 | 1090 | 1230 | 1360 |

Бетон класу В20

| Клас арматури по<br>ДСТУ 3760:2006 | Діаметр арматурного стержня, мм               |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                    | Розрахункова довжина анкерування арматури, мм |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                    | 6                                             | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 18   | 20   | 22   | 25   | 28   | 32   | 36   | 40   |
| A240C                              | 180                                           | 240 | 300 | 360 | 420 | 470 | 530  | 590  | 650  | 740  | 830  | 940  | 1100 | 1280 |
| A400C                              | 300                                           | 400 | 490 | 590 | 690 | 790 | 880  | 980  | 1080 | 1230 | 1370 | 1570 | 1840 | 2130 |
| A500C                              | 370                                           | 490 | 620 | 740 | 860 | 980 | 1100 | 1230 | 1350 | 1530 | 1710 | 1960 | 2290 | 2660 |

Бетон класу В25

| Клас арматури по<br>ДСТУ 3760:2006 | Діаметр арматурного стержня, мм               |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|                                    | Розрахункова довжина анкерування арматури, мм |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|                                    | 6                                             | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 18  | 20   | 22   | 25   | 28   | 32   | 36   | 40   |
| A240C                              | 160                                           | 210 | 260 | 310 | 360 | 410 | 460 | 510  | 560  | 640  | 720  | 820  | 960  | 1110 |
| A400C                              | 260                                           | 340 | 430 | 510 | 600 | 680 | 770 | 850  | 940  | 1060 | 1190 | 1360 | 1590 | 1850 |
| A500C                              | 320                                           | 430 | 530 | 640 | 750 | 850 | 960 | 1060 | 1170 | 1330 | 1490 | 1700 | 1990 | 2310 |

Бетон класу В30

| Клас арматури по<br>ДСТУ 3760:2006 | Діаметр арматурного стержня, мм               |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
|                                    | Розрахункова довжина анкерування арматури, мм |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
|                                    | 6                                             | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 18  | 20  | 22  | 25   | 28   | 32   | 36   | 40   |
| A240C                              | 130                                           | 170 | 220 | 260 | 300 | 340 | 390 | 430 | 470 | 530  | 600  | 680  | 800  | 930  |
| A400C                              | 220                                           | 290 | 360 | 430 | 500 | 570 | 640 | 710 | 780 | 890  | 990  | 1130 | 1330 | 1540 |
| A500C                              | 270                                           | 360 | 450 | 530 | 620 | 710 | 800 | 890 | 980 | 1110 | 1240 | 1420 | 1660 | 1920 |

Бетон класу В35

| Клас арматури по<br>ДСТУ 3760:2006 | Діаметр арматурного стержня, мм               |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
|                                    | Розрахункова довжина анкерування арматури, мм |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |
|                                    | 6                                             | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 18  | 20  | 22  | 25   | 28   | 32   | 36   | 40   |
| A240C                              | 120                                           | 160 | 200 | 230 | 270 | 310 | 350 | 390 | 420 | 480  | 540  | 610  | 720  | 830  |
| A400C                              | 200                                           | 260 | 320 | 390 | 450 | 510 | 580 | 640 | 700 | 800  | 890  | 1020 | 1200 | 1390 |
| A500C                              | 240                                           | 320 | 400 | 480 | 560 | 640 | 720 | 800 | 880 | 1000 | 1120 | 1270 | 1490 | 1730 |

Бетон класу В40

| Клас арматури по<br>ДСТУ 3760:2006 | Діаметр арматурного стержня, мм               |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                                    | Розрахункова довжина анкерування арматури, мм |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
|                                    | 6                                             | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 18  | 20  | 22  | 25  | 28   | 32   | 36   | 40   |
| A240C                              | 110                                           | 150 | 190 | 220 | 260 | 300 | 330 | 370 | 400 | 460 | 510  | 590  | 690  | 790  |
| A400C                              | 190                                           | 250 | 310 | 370 | 430 | 490 | 550 | 610 | 670 | 760 | 850  | 970  | 1140 | 1320 |
| A500C                              | 230                                           | 310 | 380 | 460 | 530 | 610 | 690 | 760 | 840 | 950 | 1060 | 1210 | 1420 | 1650 |

|             |      |                 |        |        |      |  |                                 |  |  |                                                         |      |        |
|-------------|------|-----------------|--------|--------|------|--|---------------------------------|--|--|---------------------------------------------------------|------|--------|
|             |      |                 |        |        |      |  | АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА |  |  |                                                         |      |        |
|             |      |                 |        |        |      |  |                                 |  |  |                                                         |      |        |
| Зм.         | Кіл. | Арх.            | № док. | Підпис | Дата |  |                                 |  |  | Стадія                                                  | Лист | Листів |
| Розробив    |      | Павлюк А.В      |        |        |      |  |                                 |  |  |                                                         |      |        |
| Керівник    |      | Скорук Л.М      |        |        |      |  |                                 |  |  |                                                         |      |        |
| Консультант |      | Скорук Л.М      |        |        |      |  |                                 |  |  |                                                         |      |        |
| Н. контроль |      | Скорук Л.М      |        |        |      |  |                                 |  |  |                                                         |      |        |
| Зав. каф.   |      | Боравицької А.Я |        |        |      |  |                                 |  |  | КНУБА<br>кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій |      |        |



- 1) Встановлено, що на довжину анкерування арматури в бетоні впливає широкий ряд чинників, а саме характер роботи арматури з бетоном та їх умови зчеплення, діаметр анкеруемого арматурного стержня та профіль, клас міцності арматури та спосіб її виготовлення, умови закладання та роботи арматурного стержня, метод анкерування арматури в бетоні та її розміщення , наявність поперечної арматури та площа її перерізу, співвідношення фактично встановленої та розрахункової площі арматури, клас міцності бетону, вид заповнювача для бетону, умови бетонування, захисний шар бетону, внутрішні напруження.
- 2) Оскільки порушення анкерування арматури в бетоні, зазвичай, є наслідком недостатнього зчеплення (зв'язку по контакту) на межі двох матеріалів, необхідно приділяти особливу увагу саме проблемам, які виникають на мікрорівні з появою першої тріщини. При цьому відбуваються взаємні зміщення одного матеріалу щодо іншого і порушується умова спільності відносних деформацій арматури і бетону. Це призводить до того, що арматура може отримувати більші подовження, ніж подовження бетону, в результаті чого і розкриваються тріщини.
- 3) Результати досліджень підтверджують залежність довжини анкерування арматури від виду періодичного профілю, та що міцність перерізів елементів може суттєво знижуватися внаслідок недостатнього зчеплення робочої арматури у випадку армування новими видами арматури з бетоном при недостатній довжині анкерування. Отже, важливо звертати увагу на геометрію профілю.
- 4) Необхідно забезпечувати роботу арматурного стержня з повним розрахунковим опором в перерізі за рахунок закладання його на довжину зони передачі зусиль з арматури на бетон, а закладання стержня на більшу величину не змінює форму епюри напружень зчеплення арматури з бетоном.
- 5) При проектуванні конструкції треба ретельно аналізувати напружено-деформований стан, спираючись на дослідні дані, оскільки моделювання роботи конструкції та результати розрахунків з використанням ЕОМ дають вельми наближену картину.
- 6) Виконаний порівняльний аналіз визначення довжини анкерування арматури в бетоні за світовими нормативними документами виявив, що значення довжини анкерування за новими нормативними документами (ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування» та EN 1992-1-1:2004 «Єврокод 2: Проектування залізобетонних конструкцій – частина 1-1: Загальні правила і правила для споруд») є найбільшим. Це свідчить про високу надійність конструкцій запроектованих за європейськими нормами, які мають вищі коефіцієнти надійності. Тому перехід до нових сучасних норм проектування є важливим та позитивним аспектом.

|             |       |                |        |        |      |                                                                                                       |        |                                                         |
|-------------|-------|----------------|--------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------|
|             |       |                |        |        |      | АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА                                                                       |        |                                                         |
|             |       |                |        |        |      | Визначення довжини анкерування сталеної арматури у важкому бетоні за різними нормативними документами |        |                                                         |
| Зм.         | Кілк. | Арх.           | № док. | Підпис | Дата |                                                                                                       | Стадія | Лист                                                    |
| Розробив    |       | Павлюк А.В.    |        |        |      |                                                                                                       |        |                                                         |
| Керівник    |       | Скорук Л.М.    |        |        |      |                                                                                                       |        | 13                                                      |
| Консультант |       | Скорук Л.М.    |        |        |      |                                                                                                       |        |                                                         |
| Н. контроль |       |                |        |        |      | ПЦБ-55                                                                                                |        | КНУБА<br>кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій |
| Зав. каф.   |       | Баращенко А.Я. |        |        |      |                                                                                                       |        |                                                         |