

СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХОЛОДНОДЕФОРМОВАНОЇ АРМАТУРИ КЛАСУ В500

Юлій КЛИМОВ

Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037
yuliiklymov@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-4275-7058>

Анотація. В роботі наведені результати статистичної оцінки механічних характеристик холоднодеформованої арматури класу В500.

Статистична оцінка виконана на підставі результатів проведених випробувань на розтяг 485 зразків арматури класу В500, виготовлених з катанки зі сталі марки СтЗпс, діаметрами 5 мм (160 зразків), діаметром 6 мм (133 зразка), діаметром 8 мм (142 зразка) і діаметром 10 мм (50 зразків), відібраних з мотків промислового виробництва. В процесі випробувань визначалися основні механічні характеристики арматури класу В500 - межа текучості (σ_T), тимчасовий опір (σ_B), відношення тимчасового опору до межі текучості (σ_B/σ_T), повне відносне видовження при максимальному навантаженні (δ_{max}), будувалися діаграми стану і визначався модуль пружності арматури (E_s). Статистична оцінка механічних характеристик арматури виконувалась для кожного з досліджуваних показників (σ_T , σ_B/σ_T , δ_{max}), для кожного з діаметрів і в цілому по всі вибірці і включала в себе визначення мінімального, максимального і середнього значень, середньоквадратичного відхилення, коефіцієнта варіації, побудову гістограм розподілу з порівнянням їх з нормальних законом розподілу, визначення забезпеченості і порівняння з відповідними нормованими значеннями і коефіцієнта надійності за матеріалом γ_s для холоднодеформованої арматури В500 при розрахунку конструкцій за першою групою граничних станів.

В результаті проведених випробувань встановлено, що показники механічних характеристик для різних діаметрів арматури мають бли-



Юлій КЛИМОВ
професор кафедри
залізобетонних та кам'яних
конструкцій,
д.т.н., професор

зкі значення, а їх розподіл близький до нормального. В цілому по вибірці межа текучості змінюється у межах 500,00...800,00 МПа, тимчасовий опір – у межах 550,00...830,00 МПа, відношення тимчасового опору до межі текучості – у межах – 1,031...1,309, повне відносне видовження при максимальному навантаженні – у межах 2,286...4,857. При цьому коефіцієнт варіації значення межі текучості складав - 0,088, тимчасового опору – 0,079, відношення тимчасового опору до межі текучості – 0,037, повного відносного видовження при максимальному навантаженні – 0,162 і був близьким до відповідних значень для гарячекатаної і термомеханічнозмцненої арматури. Забезпеченість межі текучості склала 0,964, відношення тимчасового опору до межі текучості – 0,939, повного відносного видовження при максимальному навантаженні – 0,946, що відповідає нормованим значенням для цих показників, які відповідно складають 0,95, 0,90, і 0,90. Коефіцієнт надійності за матеріалом в цілому по вибірці склав 1,143, що менше встановленого в нормативних документах з проектування залізобетонних конструкцій, який дорівнює 1,20.

Ключові слова. Холоднодеформована арматура; клас В500С; механічні характеристики; статистичні показники; забезпеченість.

ВСТУП

Холоднодеформовану арматуру класу В500 отримують шляхом волочіння і деформування низько вуглецевої проволочки (катанки) за [1] на спеціальних виробничих лініях. Зазвичай виробничі лінії включають в себе пристрій розмотки, механізм видалення окалини, пристрій активної холодної деформації, пристрій циклічної деформації, тягнучий барабан та пристрій формування мотків.

Процес волочіння і деформування призводить до збільшення (зміцнення) характеристик міцності проволочки з 250..300 МПа до 540..600 МПа з одночасної частковою втратою її пластичних властивостей.

До теперішнього часу дослідження холоднодеформованої арматури в основному зводилося до теоретичного обґрунтування процесу зміцнення, вдосконалення виробничих ліній з виробництва арматури в напрямку підвищення пластичності, релаксаційної стійкості, корозійної і вогневої стійкості шляхом включення в процес виготовлення термічної обробки з подальшим охолодженням [2, 3, 4]. Разом з тим, дослідженням визначальним для застосування холоднодеформованої арматури у залізобетонних конструкціях, перед усім забезпеченості механічних характеристик, зчепленню з бетоном і зварюваності, не приділялось достатньої уваги.

Досить сказати, що незважаючи на те, що холоднодеформована арматура класу В500 включена у норми проектування залізобетонних конструкцій [5, 6], відсутній будь-який нормативний документ рівня державного стандарту, який би встановлював технічні вимоги до такої арматури і її виготовлення. Загальні вимоги до арматури для залізобетонних конструкцій викладені у Європейському стандарті [7] для холоднодеформованої арматури класу В500 потребують конкретизації на рівні державного стандарту за аналогією з гарячекатаною і термомеханічнозміцненою арматурою [8].

Холоднодеформована арматура класу В500, зазвичай, має трьохсторонній або чотирьохсторонній серповидний профіль, па-

раметри зчеплення якого з бетоном, при відсутності достатніх експериментальних досліджень, можуть бути встановлені тільки теоретично шляхом розрахунку значень відносної площі зм'яття і співставлення її з вимогами [7].

Стосовно зварювання - холоднодеформована арматура класу В500 відсутня у відповідних чинних нормативних документах, які регламентують типи зварних з'єднань арматури [9], технічні вимоги, методи випробувань і правила їх приймання [10], що унеможливує зварювання такої арматури.

Таким чином, для забезпечення більш широкого застосування холоднодеформованої арматури класу В500, реалізації переваг випуску найбільш вживаного класу арматури в мотках, а саме безвідходного автоматизованого виробництва сіток, арматурних виробів (хомутів, відгинів та інш.) необхідно поетапно виконати статистичну оцінку механічних характеристик арматури, дослідження її зчеплення з бетоном і зварюваності, розробити відповідний державний стандарт, як було запропоновано у [11].

У цій роботі, як перший етап, наводяться результати статистичної оцінки механічних характеристик холоднодеформованої арматури класу В500.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основними механічними характеристиками арматури для залізобетонних конструкцій, що нормуються, є межа текучості (σ_T), відношення тимчасового опору до межі текучості (σ_B/σ_T) і повне відносне видовження при максимальному навантаженні (δ_{max}) [7, 8].

При цьому, забезпеченість межі текучості, яка відповідає характеристичному значенню міцності арматури на розтяг, встановлена на рівні 0,95, а відношення тимчасового опору до межі текучості і повного відносного видовження при максимальному навантаженні – на рівні 0,9 [7, 8].

Розрахункове значення міцності арматури для залізобетонних конструкцій на ро-

зтяг має мати забезпеченість 0,998 і при розрахунках за методом часткових коефіцієнтів регулюється призначенням коефіцієнта надійності за матеріалом γ_s .

У чинних нормативних документах з проектування залізобетонних конструкцій [6] коефіцієнт надійності γ_s для арматури класу А240С складає 1,05, класу А400С – 1,10, класу 500С, залежності від діаметру, 1,15 і 1,20 і класу В500 – 1,20. В той же час, у Європейських нормативних документах системи Єврокодів коефіцієнт надійності для всієї арматури γ_s приймається рівним 1,15 [12].

Таким чином, за більш стабільного процесу виробництва у порівнянні з термомеханічнозмцненою і гарячекатаною арматурою, для холоднодеформованої арматури класу В500 у [5] встановлений один з найбільших за значенням коефіцієнт надійності γ_s . Поясненням цього факту є консервативний підхід до призначення розрахункового опору на розтяг холоднодеформованої арматури внаслідок відсутності відповідних експериментально-теоретичних досліджень стабільності її механічних характеристик цієї арматури.

В світлі вищенаведеного, статистична оцінка механічних характеристик холоднодеформованої арматури класу В500 з послідуочим обґрунтованим призначенням коефіцієнта надійності γ_s є актуальною задачею, вирішення якої дозволить підвищити розрахункове значення опору арматури на розтяг і отримати зменшення витрат арматури.

Об'єкт дослідження – механічні характеристики холоднодеформованої арматури класу В500 і відповідність їх забезпеченості вимогам до арматури для залізобетонних конструкцій.

Метою роботи є отримання експериментальних даних щодо механічних характеристик холоднодеформованої арматури класу В500 з їх послідуочою статистичною обробкою і встановленням відповідних параметрів забезпеченості.

Задачі дослідження:

- отримати експериментальні дані щодо межі текучості (σ_T), тимчасового опору (σ_B), відношення тимчасового опору до межі текучості (σ_B/σ_T) і повного відносного видовження при максимальному навантаженні (δ_{max}) для номенклатури діаметрів холоднодеформованої арматури класу В500, які випускаються;
- виконати статистичну оцінку результатів експериментальних досліджень, встановити забезпеченість нормованих значень механічних характеристик з призначенням коефіцієнта надійності за матеріалом для арматури класу В500.

Предмет дослідження.

Експериментальні дослідження механічних характеристик холоднодеформованої арматури класу В500 включали в себе випробування на розтяг за [7] зразків арматури класу В500 діаметрами 5, 6, 8 і 10 мм, відібраних з мотків промислового виробництва. Всього було випробувано 485 зразків арматури, з яких діаметром 5 мм – 160 шт, діаметром 6 мм – 133 шт, діаметром 8 мм – 142 шт і діаметром 10 мм – 50 шт (табл.1). Для виготовлення холоднодеформованої арматури застосовувалась катанка за [1] з різних плавок сталі марки СтЗпс, хімічних склад яких наведені у табл.1.

При випробуванні зразків арматури на розтяг встановлювалися:

- межа текучості (σ_T);
- тимчасовий опір (σ_B);
- відношення тимчасового опору до межі текучості (σ_B/σ_T);
- повне відносне видовження при максимальному навантаженні (δ_{max}).

В процесі випробувань вимірювалися позовжні деформації зразків арматури, які у подальшому використовувалися для побудови залежності $\sigma - \varepsilon$ і визначення модулю пружності арматури.

Статистична оцінка механічних характеристик арматури виконувалась для кожного з досліджуваних показників (σ_T , σ_B/σ_T , δ_{max}) для кожного з діаметрів і в цілому по всі вибірці і включала в себе:

- визначення мінімального, максимального і середнього значення;
- визначення середньоквадратичного відхилення (S);
- визначення коефіцієнта варіації (V);
- побудову гістограм розподілу з порівнянням їх з нормальних законом розподілу;
- визначення забезпеченості кожного з показників і порівняння з відповідними нормованими значеннями;
- визначення коефіцієнта надійності за матеріалом γ_s для холоднодеформованої арматури В500 при розрахунку конструкцій за першою групою граничних станів.

Результати проведених експериментальних досліджень і статистичної оцінку показників механічних характеристик холоднодеформованої арматури класу В500 наведені у вигляді:

- графіків залежності $\sigma - \varepsilon$ для арматури діаметрів 5, 6, 8 і 10 мм (рис.1);
- гістограм розподілу показників механічних характеристик в цілому по виборці і їх співставлення з нормальним законом розподілу (рис.2-5);
- таблиць зі значеннями статистичних параметрів показників механічних характеристик і порівнянням їх забезпеченості з відповідними нормованими значеннями за [7, 8] (табл.2-5) коефіцієнтів надійності γ_s для кожного з діаметрів і в цілому по вибірці (табл.2).

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Табл. 1 Склад випробувань і хімічний склад сталі.

Table. 1 Composition of tests and chemical composition of steel.

№ п/п	Ма-рка сталі	Діа-метр, мм	Кіль-кість зразків, шт	Хімічний склад, %							
				C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
1	Ст3пс	5	160	0,21	0,48	0,01	0,021	0,011	0,04	0,02	0,03
2				0,18	0,54	0,05	0,046	0,018	0,07	0,02	0,05
3				0,19	0,55	0,06	0,041	0,014	0,03	0,02	0,02
4	Ст3пс	6	143	0,19	0,55	0,06	0,041	0,014	0,03	0,02	0,02
5				0,18	0,60	0,08	0,028	0,008	0,03	0,02	0,03
6				0,19	0,64	0,09	0,050	0,011	0,03	0,02	0,04
7	Ст3пс	8	132	0,21	0,57	0,06	0,015	0,020	0,02	0,03	0,04
8				0,21	0,65	0,08	0,027	0,026	0,04	0,02	0,02
9				0,02	0,55	0,06	0,030	0,018	0,03	0,02	0,02
10	Ст3пс	10	50	0,20	0,55	0,06	0,030	0,018	0,03	0,02	0,02
11				0,19	0,52	0,09	0,023	0,008	0,04	0,02	0,04
12				0,19	0,55	0,07	0,021	0,009	0,04	0,02	0,02

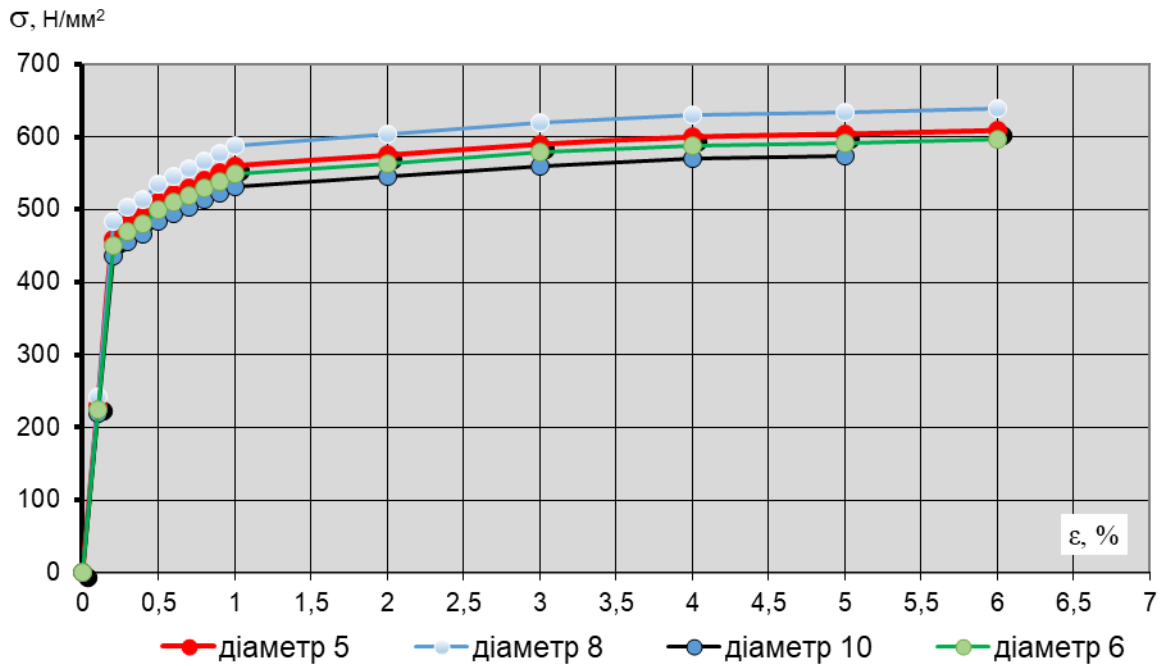


Рис.1 Діаграма $\sigma - \varepsilon$ холоднотвореної арматури класу B500
Fig. 1. Diagram $\sigma - \varepsilon$ of cold deformed reinforcement of class B500.

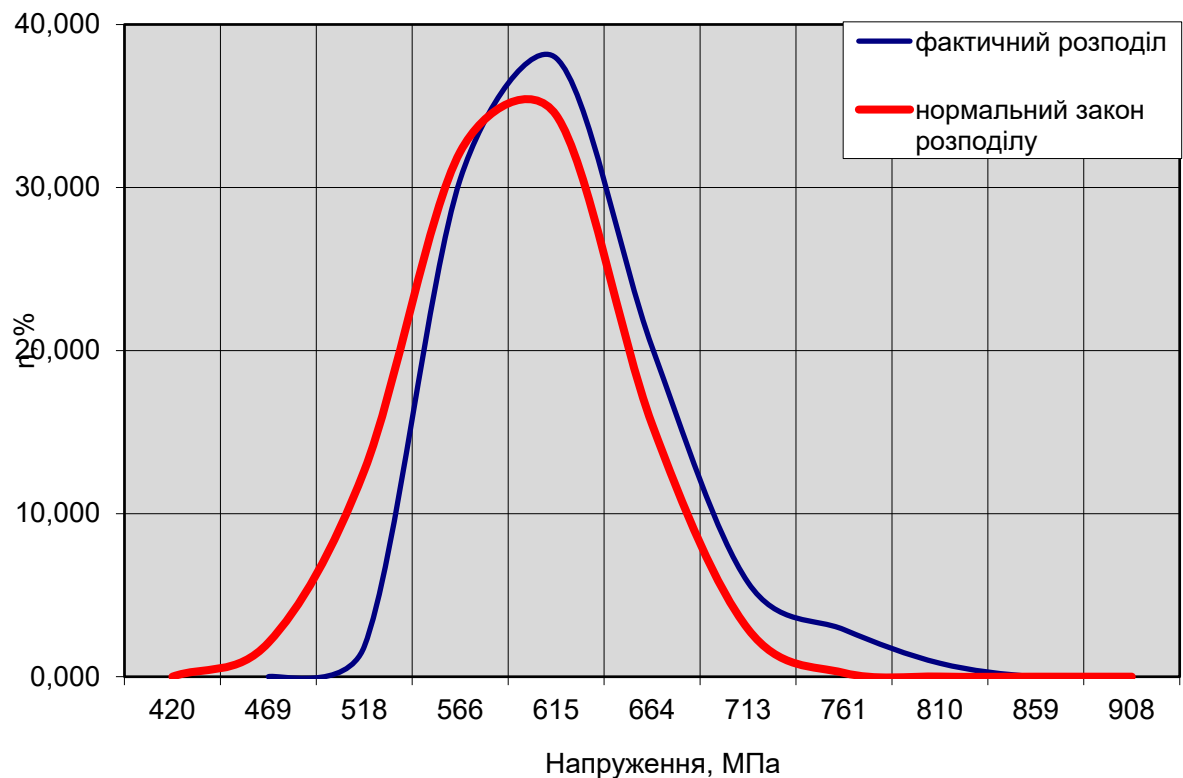


Рис.2 Співставлення розподілу значень межі текучості арматури діаметрів 5, 6, 8, 10 мм класу B500 з нормальним законом розподілу.

Fig. 2. Comparison of the distribution of the values of the yield strength of reinforcing bars with diameters of 5, 6, 8, 10 mm class B500 with the normal distribution law

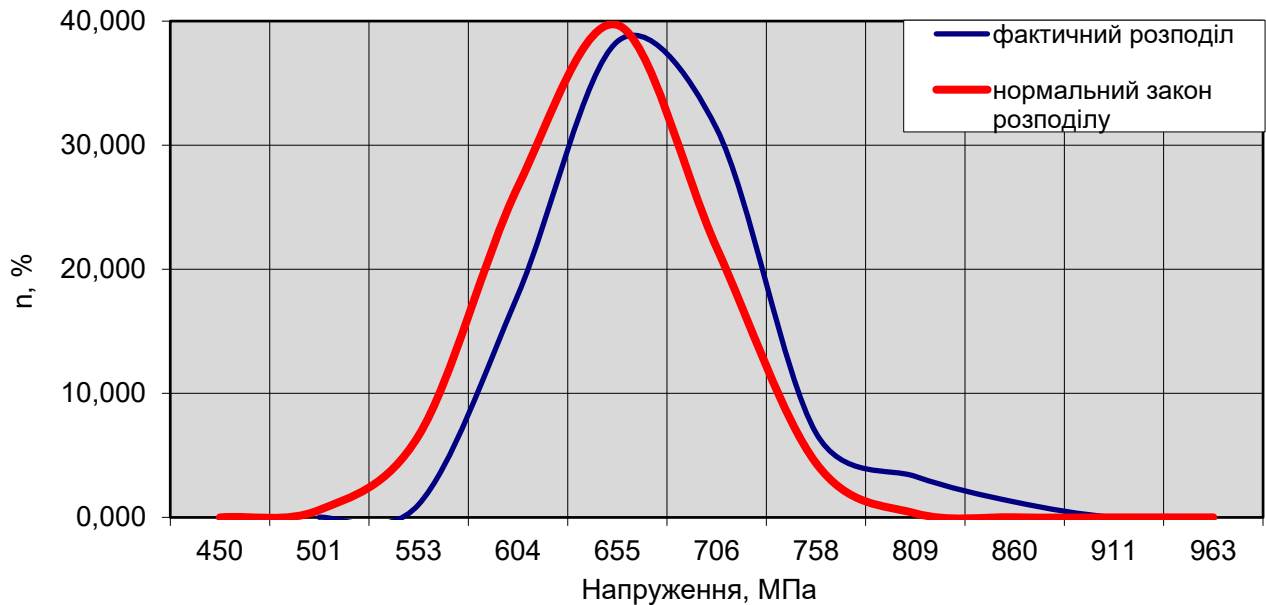


Рис.3 Співставлення розподілу значень тимчасового опору арматурного прокату діаметрів 5, 6, 8, 10 мм класу B500 з нормальним законом розподілу.

Fig.3. Comparison of the distribution of the values of the ultimate resistance of the reinforcing bars with diameters of 5, 6, 8, 10 mm class B500 with the normal distribution law.

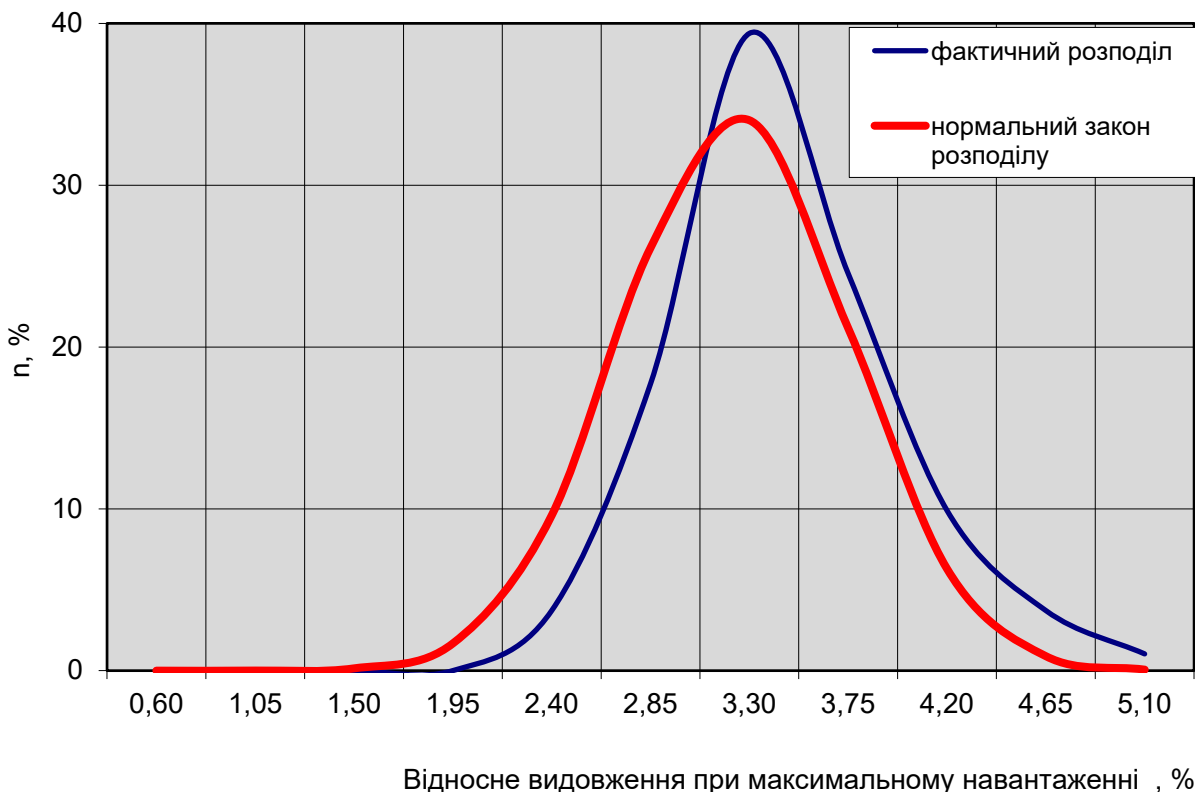


Рис.4. Співставлення розподілу відносного видовження при максимальному навантаженні арматури діаметрів 5, 6, 8, 10 мм класу B500 з нормальним законом розподілу.

Fig.4. Comparison of the distribution of the relative elongation at the maximum load of reinforcing bars with diameters of 5, 6, 8, 10 mm class B500 with the normal distribution law.

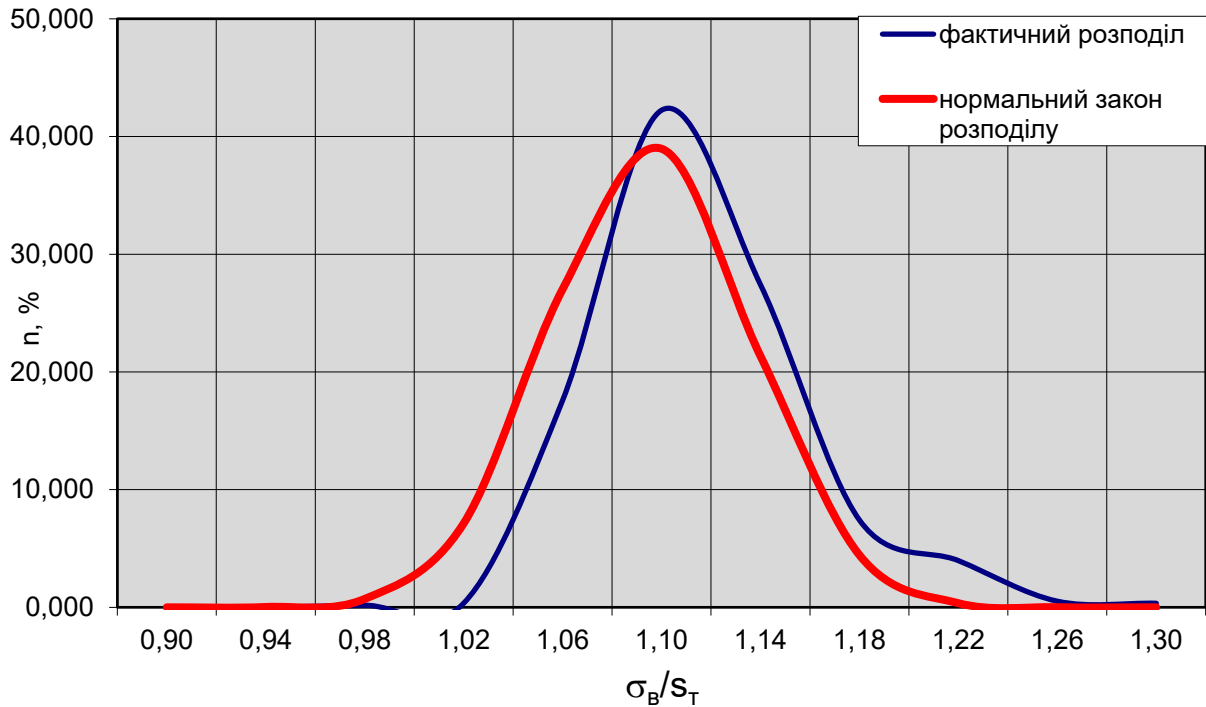


Рис.5. Співставлення розподілу відношення тимчасового опору до межі текучості арматури діаметрів 5, 6, 8, 10 мм класу B500 з нормальним законом розподілу.

Fig. 5. Comparison of the distribution of the ratio of ultimate resistance to the yield strength of rebar with diameters of 5, 6, 8, 10 mm class B500 with the normal distribution law.

Табл. 2. Результати статистичної обробки випробувань холоднодеформованої арматури класу B500. Межа текучості.

Table. 2. Results of statistical processing of tests of cold deformed reinforcement of class B500. Yield strength.

Діаметр, мм	Кількість зразків, шт	Межа текучості, σ_T							
		$\sigma_{T(max)}$ Н/мм ²	$\sigma_{T(min)}$ Н/мм ²	$\sigma_{T(med)}$ Н/мм ²	S Н/мм ²	V	Забезпеченість		γ_s
							фактична	нормована	
5	160	730,00	500,00	595,08	50,066	0,088	0,971	0,950	1,124
6	133	683,00	500,00	579,64	39,777	0,069	0,977	0,950	1,086
8	142	800,00	515,00	616,86	61,366	0,099	0,972	0,950	1,155
10	50	652,00	500,00	568,24	32,441	0,057	0,982	0,950	1,062
За вибіркою	485	800,00	500,00	594,42	52,33	0,088	0,964	0,950	1,143

Табл. 3. Результати статистичної обробки випробувань холоднодеформованої арматури класу B500. Тимчасовий опір.

Table. 3. Results of statistical processing of tests of cold deformed reinforcement of class B500. Ultimate strength.

Діа-метр, мм	Марка сталі	Кількість зразків, шт	Тимчасовий опір, σ_B						
			$\sigma_{B(max)}$ Н/мм ²	$\sigma_{B(min)}$ Н/мм ²	$\sigma_{B(med)}$ Н/мм ²	S Н/мм ²	V	Забезпеченість	
								фактична	нормована
5	Зпс	160	780,00	550,00	642,90	51,548	0,080	0,977	-
6	Зпс	133	720,00	550,00	631,70	36,301	0,057	0,994	-
8	Зпс	142	830,00	590,00	678,33	57,065	0,084	0,992	-
10	Зпс	50	680,00	560,00	638,14	30,485	0,048	0,999	-
За вибіркою		485	830,00	550,00	649,80	51,256	0,079	0,974	-

Табл. 4. Результати статистичної обробки випробувань холоднодеформованої арматури класу B500. Відносне видовження при максимальному навантаженні.

Table. 4. Results of statistical processing of tests of cold deformed reinforcement of class B500. Relative elongation at the maximum load.

Діаметр, мм	Марка сталі	Кількість зразків, шт	Повне відносне видовження за максимального навантаження, δ_{max}						
			δ_{max} max %	δ_{max} min %	δ_{max} med %	S , %	V ,	Забезпеченість	
								фактична	нормована
5	Зпс	160	4,571	2,286	3,263	0,494	0,151	0,939	0,90
6	Зпс	133	4,714	2,286	3,346	0,527	0,157	0,946	0,90
8	Зпс	142	5,002	2,441	3,289	0,575	0,175	0,915	0,90
10	Зпс	50	3,500	2,100	1,124	0,044	0,039	0,956	0,90
За вибіркою		485	4,857	2,286	3,236	0,524	0,162	0,946	0,90

Табл. 5. Результати статистичної обробки випробувань холоднодеформованої арматури класу B500. Відношення тимчасового опору до межі текучості.

Table. 5. Results of statistical processing of tests of cold deformed reinforcement of class B500. Ratio of ultimate resistance to the yield strength.

Діаметр, мм	Марка сталі	Кількість зразків, шт	Відношення, σ_B/σ_T						
			σ_B/σ_T	σ_B/σ_T	σ_B/σ_T	S ,	V	Забезпеченість	
			max	mix	med			фактична	нормована
5	3пс	160	1,208	1,032	1,103	0,030	0,027	0,962	0,90
6	3пс	133	1,236	1,050	1,113	0,037	0,033	0,956	0,90
8	3пс	142	1,309	1,046	1,124	0,053	0,047	0,921	0,90
10	3пс	50	1,207	1,031	1,124	0,044	0,038	0,956	0,90
За вибіркою		485	1,309	1,031	1,114	0,041	0,037	0,939	0,90

ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Систематизація, узагальнення і аналіз результатів проведених експериментальних досліджень механічних характеристик холоднодеформованої арматури класу B500 і їх статистичної обробки дозволяють зробити такі основні висновки.

Діаграма залежності $\sigma - \varepsilon$ для холоднодеформованої арматури класу B500 не має вираженої площадки текучості (рис.1) і тому може розглядатися, як арматура з умовною межею текучості. При цьому модуль пружності арматури склав $E_s = 2,36 \cdot 10^5$ МПа.

Для холоднодеформованого прокату класу B500 діаметром 5 мм межа текучості змінювалась у межах 500,00...730,00 МПа (тал.2), тимчасовий опір – у межах 550,00...780,00 МПа (табл.3), повне відносне видовження при максимальному навантаженні – у межах 2,286...4,571 (табл.4), відношення тимчасового опору до межі текучості – у межах – 1,032...1,208 (табл.5). При цьому коефіцієнт варіації значення межі текучості складав - 0,088, тимчасового опору – 0,080, повного відносного видовження при

максимальному навантаженні – 0,151, відношення тимчасового опору до межі текучості – ,027. Забезпеченість межі текучості склала 0,971, повного відносного видовження при максимальному навантаженні – 0,939, відношення тимчасового опору до межі текучості – 0,962.

Для холоднодеформованого прокату класу B500 діаметром 6 мм межа текучості змінювалась у межах 500,00...683,00 МПа (тал.2), тимчасовий опір – у межах 550,00...720,00 МПа (табл.3), повне відносне видовження при максимальному навантаженні – у межах 2,286...4,714 (табл.4), відношення тимчасового опору до межі текучості – у межах – 1,050...1,236 (табл.5).

При цьому коефіцієнт варіації значення межі текучості складав - 0,069, тимчасового опору – 0,057, повного відносного видовження при максимальному навантаженні – 0,157, відношення тимчасового опору до межі текучості – 0,033. Забезпеченість межі текучості склала 0,977, повного відносного видовження при максимальному навантаженні – 0,946, відношення тимчасового опору до межі текучості – 0,956.

Для холоднодеформованого прокату класу В500 діаметром 8 мм межа текучості змінювалась у межах 515,00...800,00 МПа (тал.2), тимчасовий опір – у межах 590...830 МПа (табл.3), повне відносне видовження при максимальному навантаженні – у межах 2,441...5,002 (табл.4), відношення тимчасового опору до межі текучості – у межах – 1,046...1,308 (табл.5). При цьому коефіцієнт варіації значення межі текучості складав - 0,099, тимчасового опору – 0,084, повного відносного видовження при максимальному навантаженні – 0,175, відношення тимчасового опору до межі текучості – 0,053. Забезпеченість межі текучості склала 0,972, повного відносного видовження при максимальному навантаженні – 0,915, відношення тимчасового опору до межі текучості – 0,921.

Для холоднодеформованого прокату класу В500 діаметром 10 мм межа текучості змінювалась у межах 500,00...652,00 МПа (тал.2), тимчасовий опір – у межах 560...680 МПа (табл.3), повне відносне видовження при максимальному навантаженні – у межах 2,10...3,50 (табл.4), відношення тимчасового опору до межі текучості – у межах – 1,031...1,207 (табл.5). При цьому коефіцієнт варіації значення межі текучості складав - 0,057, тимчасового опору – 0,048, повного відносного видовження при максимальному навантаженні – 0,039, відношення тимчасового опору до межі текучості – 0,038. Забезпеченість межі текучості склала 0,982, повного відносного видовження при максимальному навантаженні – 0,956, відношення тимчасового опору до межі текучості – 0,956.

В цілому по виборці з 485 зразків (табл.1) мінімальні, максимальні і середні значення межі текучості склали 500,00, 800,00 і 594,42 МПа, тимчасового опору - 550,00, 830,00, і 649,80 МПа, повного відносного видовження при максимальному навантаженні – 2,286, 4,857 і 3,236, відношення тимчасового опору до межі текучості – 1,309, 1,031 і 1,114 (табл.2-4). При цьому коефіцієнт варіації значення межі текучості складав - 0,088,

тимчасового опору – 0,079, повного відносного видовження при максимальному навантаженні – 0,162, відношення тимчасового опору до межі текучості – 0,037, і був близьким до відповідних значень для гарячекатаної і термомеханічнозмцненої арматури (табл.2-4).

Забезпеченість межі текучості склала 0,964, відношення тимчасового опору до межі текучості – 0,939, повного відносного видовження при максимальному навантаженні – 0,946, що відповідає нормованим значенням для цих показників, які відповідно складають 0,95, 0,90, і 0,90 [12].

Крім показників забезпеченості механічних характеристик, у [12] встановлюються класи пластичності арматури для залізобетонних конструкцій, для яких відношення тимчасового опору до межі текучості і повного відносного видовження при максимальному навантаженні мають складати для класу А не менше 1,05 і 2,5, для класу В – 1,08 і 5,0, для класу В – 1,15, але менше 1,35, і 7,5. За цим показником холоднодеформована арматура класу В500 має бути віднесена до класу А.

Коефіцієнт надійності за матеріалом для холоднодеформованої арматури класу В500 за результатами проведених досліджень в цілому по виборці склав 1,143, що менше встановленого в нормативних документах з проектування залізобетонних конструкцій значення 1,20 [5, 6].

Таким чином, при проектуванні залізобетонних конструкцій коефіцієнт надійності за матеріалом γ_s для арматури класу В500 може бути знижений до $\gamma_s = 1,15$, що дозволить зменшити витрати арматури.

Наступними етапами робіт з впровадження холоднодеформованої арматури класу В500 мають стати дослідження її зчеплення з бетоном, зварюваності з подальшою розробкою ДСТУ для цієї арматури і внесення відповідних змін до стандартів, які встановлюють типи зварних і правила контролю їх виконання.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ-Б 2770-94 Катанка з вуглецевої сталі звичайної якості. Технічні умови. К., Держстандарт України, 1994. 14с.
2. Гуль Ю.П. Деформационные воздействия в технологиях термической и комбинированной обработки металло-продукции // *Строительство, материалo-ведение, машиностроение: Сб. науч. трудов. – Вып.58. – Днепропетровск: ПГАСА. – 2011. – С.29-39.*
3. Ивченко А.В., Недогибченко А.И., Матюхов С.А. и др. Новый эффективный арматурный прокат в мотках класса В500С для железобетонных конструкций. // *Бетон и железобетон в Украине 2013. - №5. – С.17-21.*
4. Ивченко, А.В., Гуль Ю.П., Панков Р.В., Кондратенко. П.В. Огнесохранность холоднодеформированного арматурного проката класса В500С // *Бетон и железобетон в Украине. – 2015. – №5. – С.24-29.*
5. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будівель і споруд. Бетонні і залізобетонні конструкції. Основні положення. К., Мінрегіонбуд України, 2011. 71с.
6. ДСТУ Н Б В.2.6-156:2011 Конструкції будівель і споруд. Бетонні і залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. К., Мінрегіонбуд України, 2010. 118с.
7. ДСТУ EN 10080:2009 Сталь для армування бетону. Зварювальна арматурна сталь. Загальні вимоги. Держспоживстандарт України, 2012. 49с.
8. ДСТУ-3760:2019 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій Загальні технічні вимоги. К., Держспоживстандарт України, 2019. 18с.
9. ДСТУ-Б В.2.6-169:2011 З'єднання зварні арматури та закладних виробів залізобетонних конструкцій. Типи, конструкція та розміри. К., Мінрегіонбуд України, 2012. 37с.
10. ДСТУ-Б В.2.6-168:2011 Арматурні та закладні вироби зварні. З'єднання зварні арматури та закладних виробів залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. К., Мінрегіонбуд України 2012. 19с.
11. Климов Ю.А. Стратегия и тактика развития национальной нормативной базы в области арматуры для железобетонных конструкций. // *Бюллетени и стандарты, № 3, 2002.- С.7-12.*
12. ДСТУ Н Б EN 1992-1-1:2010 Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд. Мінрегіонбуд України, 2012. 291с.

REFERENCES

1. DSTU-B 2770-94 Katanka z vuglecevoyi stali zvy`chajnoyi yakosti. Texnichni umovy`. K., Derzhstandart Ukrayiny`, 1994. 14s
2. Gul Yu.P. Deformacionnye vozdejstviya v tehnologiyah termicheskoy i kombinirovannoy obrabotki metalloprodukcii. // *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie: Sb. nauch. trudov. – Vyp.58. – Dnepropetrovsk: PGASA. – 2011. – S.29-39.*
3. Ivchenko A.V., Nedogibchenko A.I., Matyuhov S.A. i dr. Novyj effektivnyj armaturnyj prokat v motkah klassa V500S dlya zhelezobetonnyh konstrukcij.// *Beton i zhelezobeton v Ukraine 2013. - №5. – S.17-21.*
4. Ivchenko, A.V., Gul Yu.P., Pankov R.V., Kondratenko. P.V. Ognesohrannost holodnoformirovannogo armaturnogo prokata klassa V500S // *Beton i zhelezobeton v Ukraine. – 2015. – №5. – С.24-29.*
5. DBN V.2.6-98:2009 Konstrukciyi budivel` i sporud. Betonni i zalizobetonni konstrukciyi. Osnovni polozhennya. K., Minregionbud Ukrayiny`, 2011. 71s
6. DSTU N B V.2.6-156:2011 Konstrukciyi budivel` i sporud. Betonni i zalizobetonni konstrukciyi z vazhkogo betonu. Pravyla proektuvannya. K., Minregionbud Ukrayiny`, 2010. 118s
7. DSTU-10080:2009 Stal dlia armuvannya betonu. Zvariuvalna armaturna stal. Zahalni tekhnichni vymohy (EN 10080:2005, IDT). K., Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2012. 43s
8. DSTU-3760:2019 Prokat armaturnyi dlia zalizobetonnykh konstruktsii. Zahalni tekhnichni vymohy. K., Derzhspozhyvstandart Ukrainy 2019. 18s
9. DSTU-B V.2.6-169:2011 Zeidndniy zvarni armatury ta zakladnich virobiv zalazobetonuch konstruktsiy. Tipy, konstruktsiy ta rozmiri.- K, Minregiobud Ukainy.- 2012. 19с.
10. DSTU-B V.2.6-168:2011 Armaturni ta zakladni virobi zvarni. Ziednaniy zvarni armatury ta zakladnich virobiv zalizobetonich konstrukciy. Zagalni tekhnichni umovi.- K, Minregiobud Ukainy.- 2012 37s
- 11.-Klimov Yu.A. Strategiya i taktika razvitiya nacionalnoj normativnoj bazy v oblasti armatury dlya zhelezobetonnyh konstrukcij.// *Byulleteni i*

standarty, № 3, 2002.- S.7-12.

12.-DSTU N B EN 1992-1-1:2010 Proektuvannya zalizobetonnykh konstrukcij. Chastyny 1-1. Zagal'ni pravyla i pravyla dlya sporud. Minregionbud Ukrainy', 2012. 291s.

STATISTICAL EVALUATION OF MECHANICAL CHARACTERISTICS COLD-FORMED CLASS B500 REINFORCEMENT

Yulii KLYMOV

Summary. The paper presents the results of a statistical evaluation of the mechanical characteristics of cold-deformed reinforcement of class B500.

The statistical evaluation was performed on the basis of the results of tensile tests of 485 samples of class B500 reinforcement, made of St3ps steel wire rod, with diameters of 5 mm (160 samples), with a diameter of 6 mm (133 samples), with a diameter of 8 mm (142 samples) and 10 mm in diameter (50 samples), selected from skeins of industrial production. During the tests, the main mechanical characteristics of B500 class reinforcement were determined - yield strength (σ_T), ultimate resistance (σ_B), ratio of ultimate resistance to yield strength (σ_B/σ_T), total relative elongation at maximum load (δ_{max}), state diagrams were constructed and the modulus of elasticity of reinforcement (E_s) was determined. Statistical evaluation of the mechanical characteristics of the reinforcement was performed for each of the investigated parameters (σ_T , σ_B/σ_T , δ_{max}), for each of the diameters and for the whole sample and included the determination of the minimum, maximum and average values, root mean square deviation, coefficient of variation, construction of histograms of distribution with a comparison of them

with the normal law of distribution, reliability and comparison with the corresponding standardized values, the reliability coefficient for the material γ_s for cold-deformed reinforcement B500 when calculating structures according to the first group of limit states.

As a result of the tests, it was found that the mechanical indicators characteristics for different diameters have close values, and their distribution is close to normal. In general, for the sample, the yield strength varies within the range of 500.00...800.00 MPa, the ultimate resistance - within the range of 550.00...830.00 MPa, the ratio of the ultimate resistance to the yield strength - within the range - 1.031...1.309, the full relative elongation at maximum load - within 2.286...4.857.

At the same time, the coefficient of variation of the yield strength was 0.088, the ultimate resistance was 0.079, the ratio of the ultimate resistance to the yield strength was 0.037, the total relative elongation at maximum load was 0.162 and was close to the corresponding values for hot-rolled and thermo-mechanically strengthened reinforcement. The yield strength was 0.964, the ratio of temporary resistance to yield strength was 0.939, total relative elongation at maximum load was 0.946, which corresponds to the normalized values for these indicators, which are 0.95, 0.90, and 0.90, respectively. The reliability coefficient for the material as a whole for the sample was 1.143, which is less than that established in regulatory documents for the design of reinforced concrete structures.

Keywords. Cold-formed reinforcement, class B500C, mechanical characteristics, statistical indicators; security.

Стаття надійшла до редакції 25.04.2023