

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Магістерська кваліфікаційна робота
на тему:
«ПІДСИЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НЕСУЧИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ»
08-26.МКР.06.000.000

Виконав: студент 2 курсу, групи 1ПМ-16м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»
Мордач М.О.
Керівник: к.т.н., доцент
Савуляк В.В.

Метою роботи є встановлення геометричних характеристик елементів підсилення для відновлення жорсткості і довговічності пошкоджених ділянок несучих частин рами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити **наступні задачі**:

1) на основі аналізу сучасного стану і перспектив розвитку процесів забезпечення механічних властивостей при обробці металів тиском по науково-технічним публікаціям сформулювати недоліки та визначити основні задачі дослідження;

2) вивчити вплив схеми установаження на ефективність підвищення жорсткості та міцності пошкодженої ділянки;

3) розробити геометричну форму елементів підсилення для відновлення жорсткості і міцності пошкоджених ділянок;

3) вивчити вплив геометричних параметрів елемента підсилення на напруження, що виникають в підсиленій ділянці.

Об'єкт дослідження: міцність несучих елементів металевих конструкцій.

Предмет дослідження: елементи підсилення пошкоджених ділянок несучих металокопструкцій.

Наукова новизна одержаних результатів:

- запропоновано вдосконалену схему установаження елементів підсилення для несучих металокопструкцій;

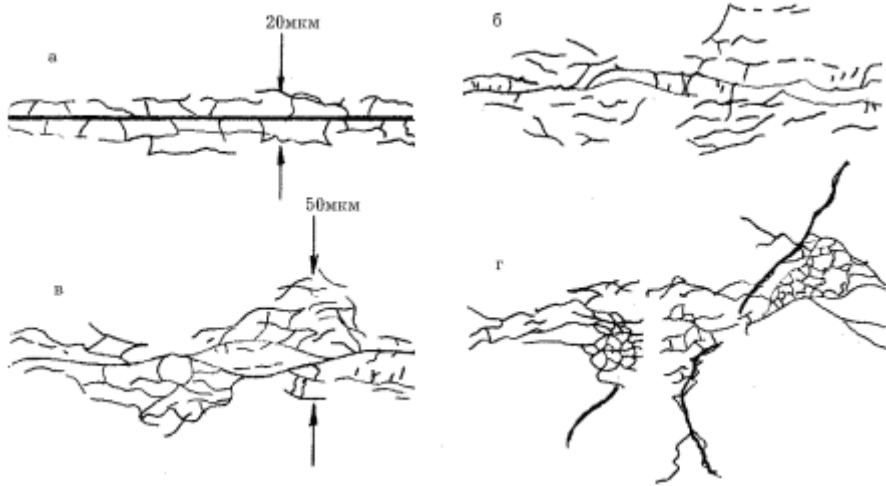
- вперше отримано залежності впливу геометричних параметрів елемента підсилення на величину напружень, які виникають в підсиленій ділянці.

- **Практичне значення** одержаних результатів:

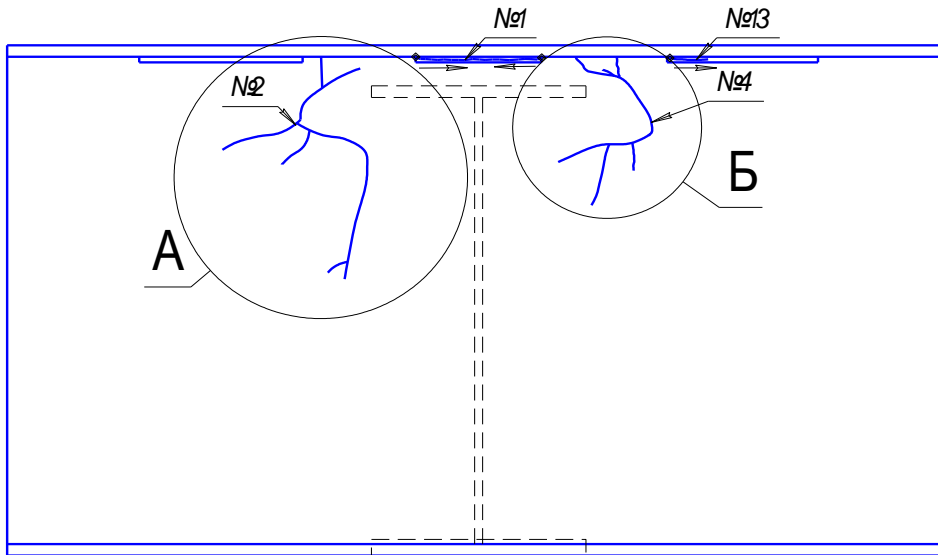
1. Розроблені рекомендації щодо вибору форми зразків для підсилення металокопструкцій.

2. Розроблені рекомендації щодо вибору способу встановлення елементів підсилення металокопструкцій.

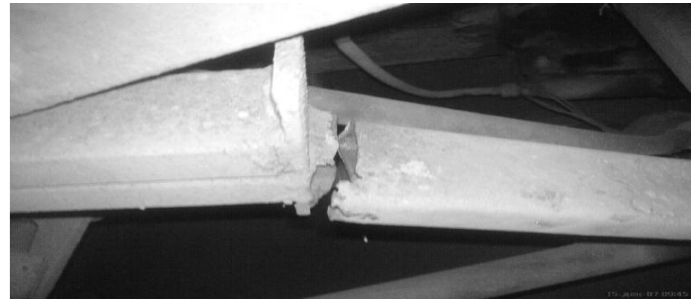
Схематичні зображення процесу зародження втомної тріщини



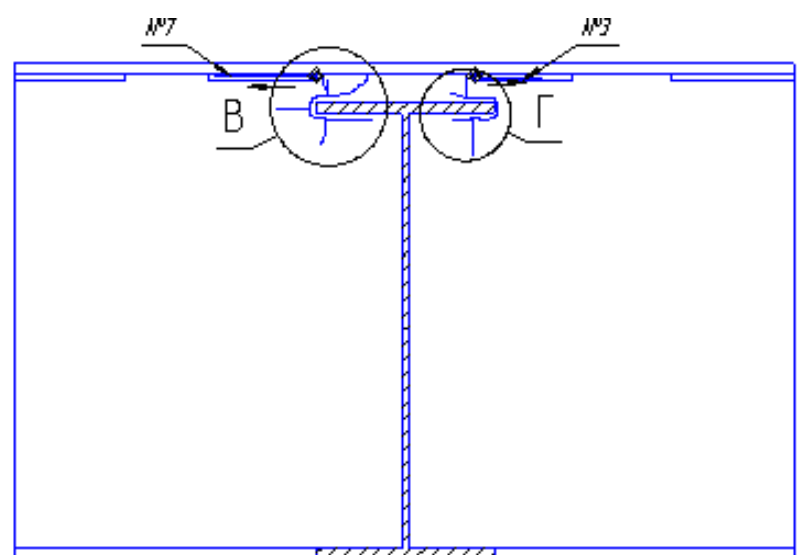
Тріщини на зовнішньому боці вертикальної стінки лонжерона



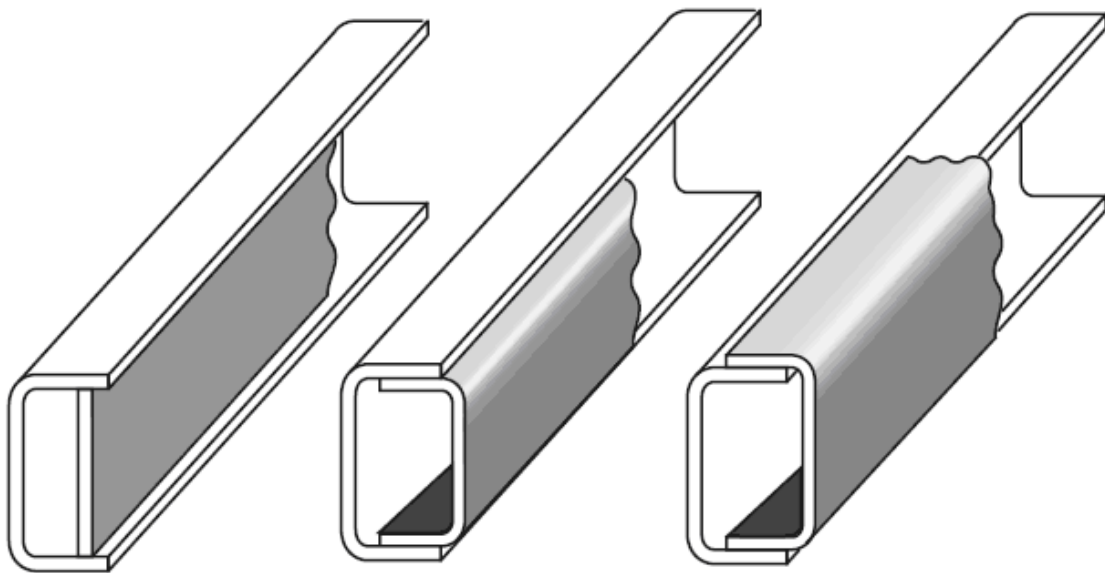
Тріщини в горизонтальній частині об'ємного каркаса



Тріщини на внутрішньому боці вертикальної стінки лонжерона



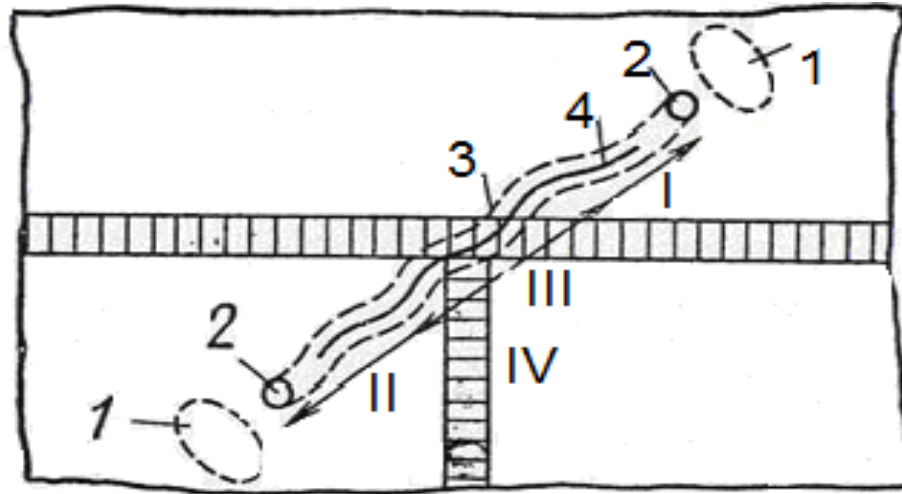
Схеми підсилення лонжерона швелерного типу



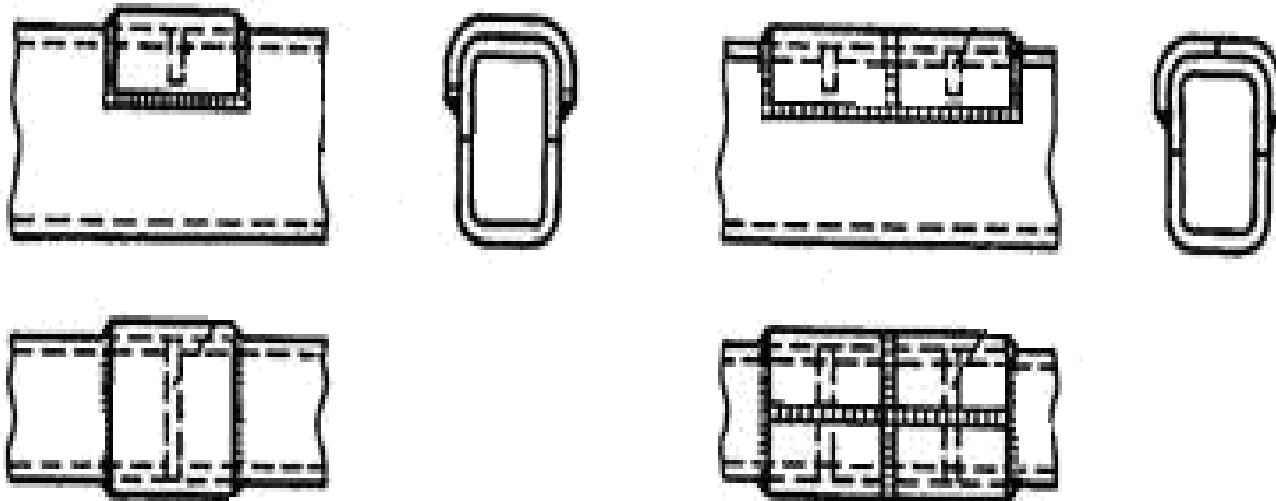
Варіанти конструктивних підсилень рами автомобіля



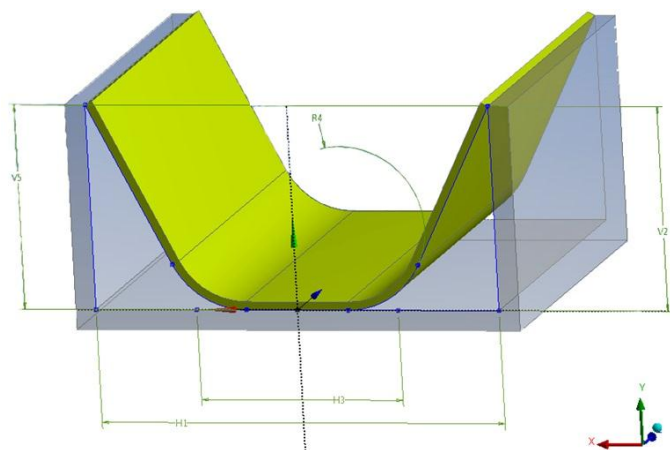
Схема виправлення зварного з'єднання з тріщиною: 1 - місця підігрівання; 2 - засвердлені отвори, 3 – оброблення краєв тріщини, 4 - тріщина; I, II, III, IV - послідовність заварювання



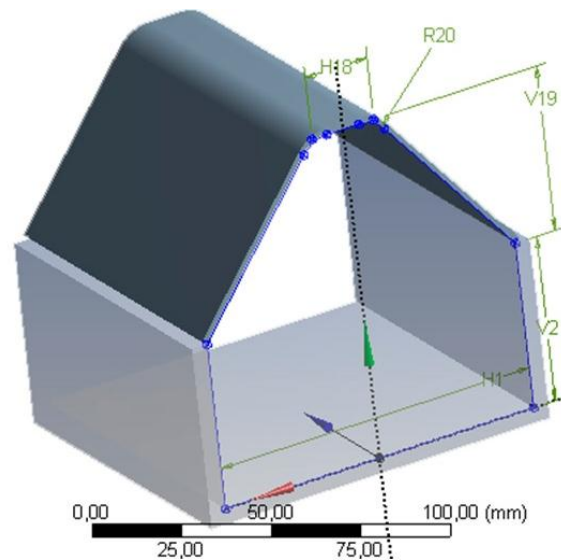
Схеми конструктивних підсилень після заварювання тріщин: а - просте підсилення дає можливість отримати краще проплавлення краєв, особливо у вершин і розроблення;
б - складне посилення, що складається з декількох деталей



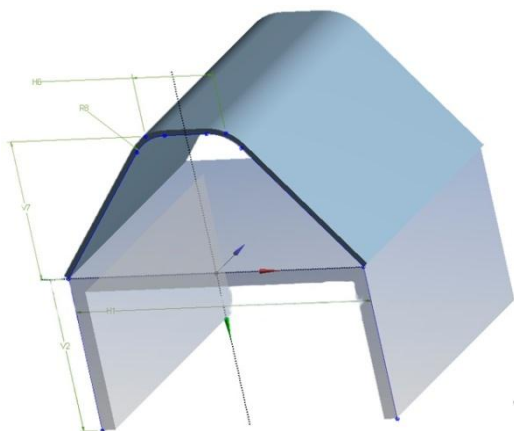
Зразок 1



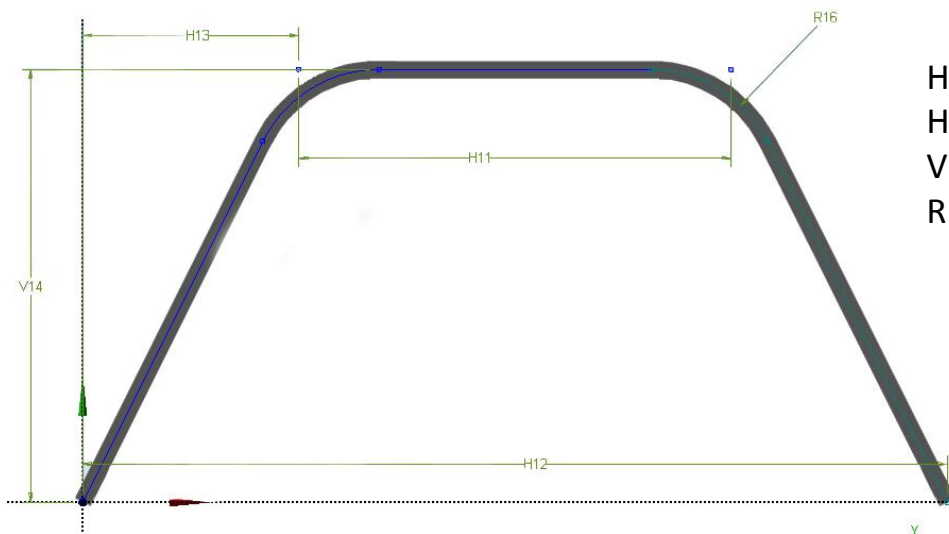
Зразок 2



Зразок 3

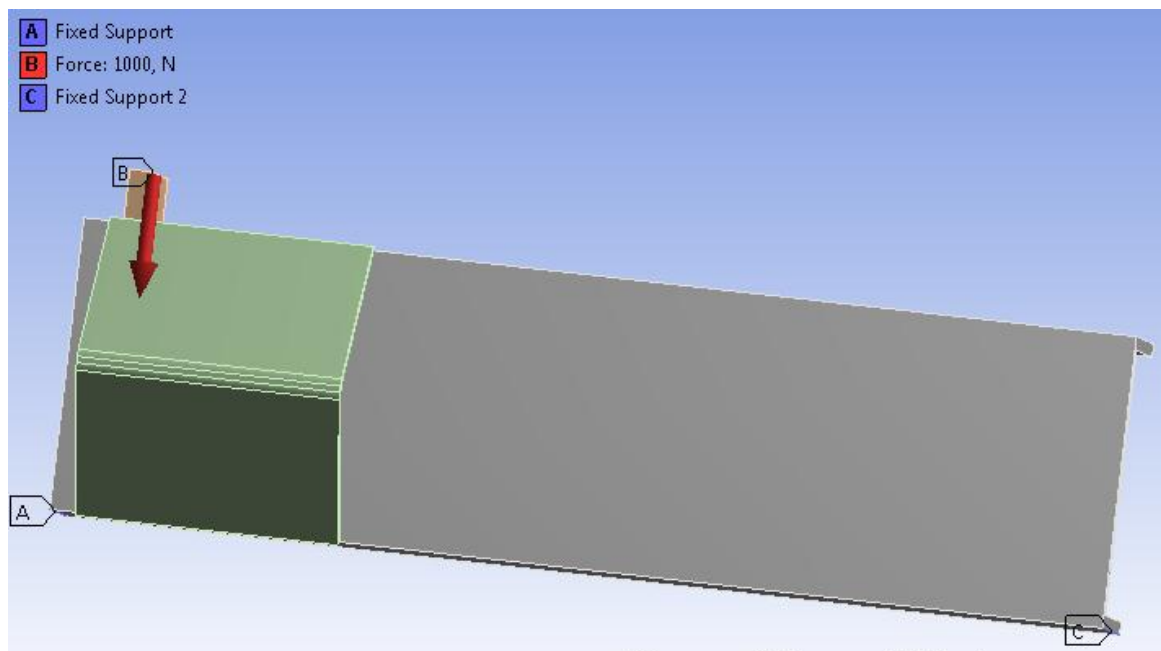


Параметризований профіль коробчатого типу елемента підсилення

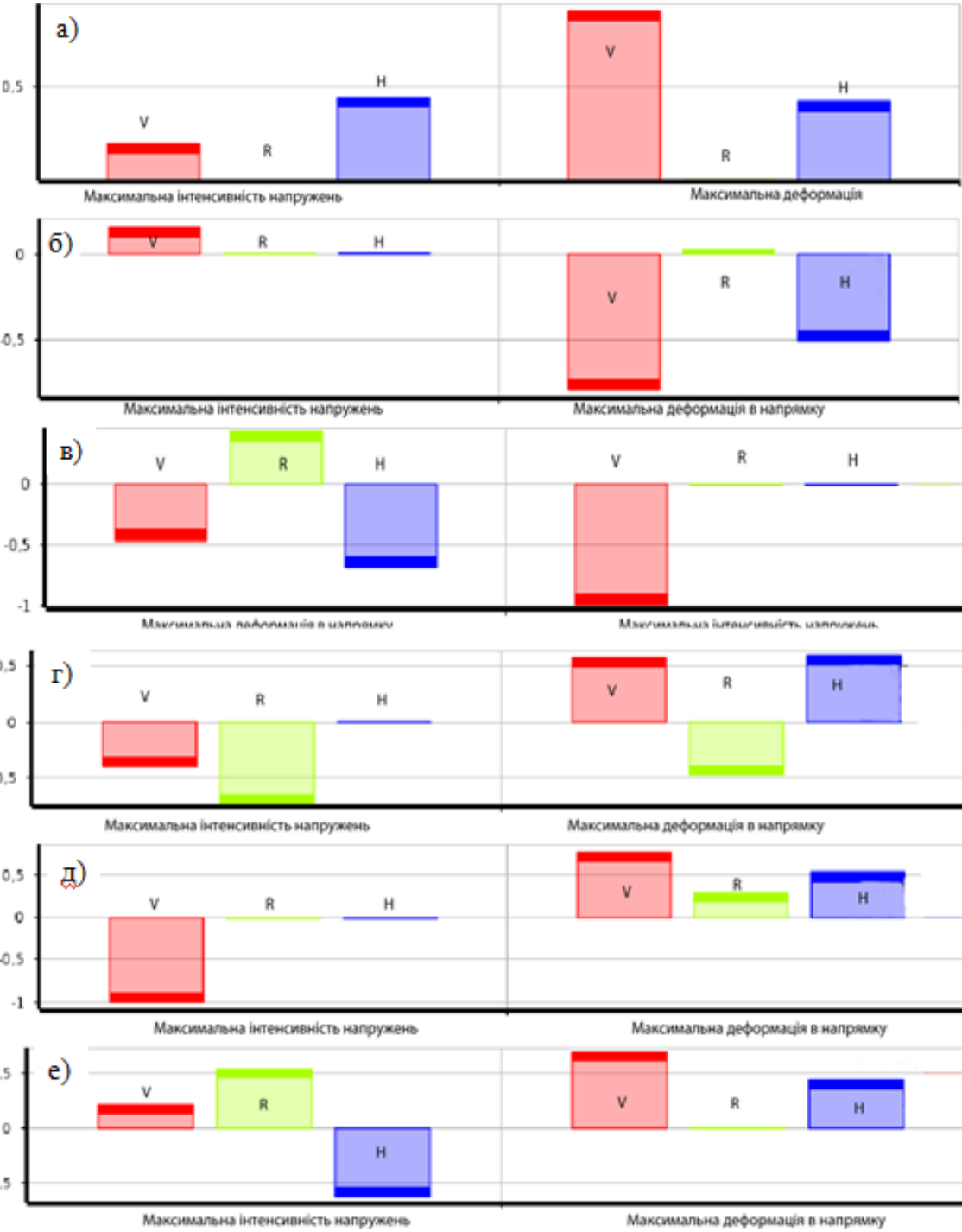
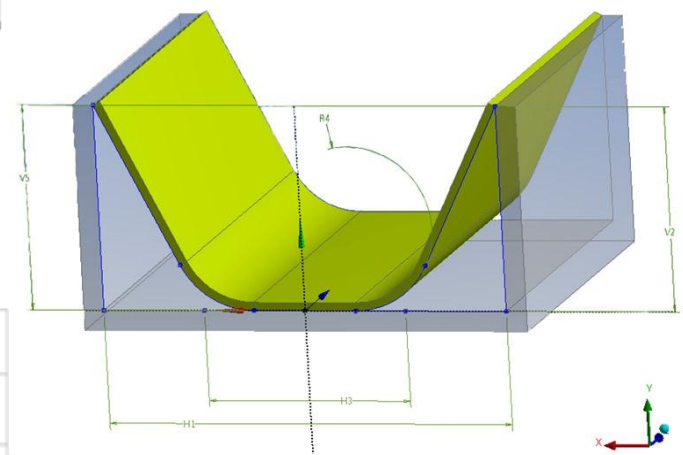


H12 - ширина основи – 100 мм;
 H13 - ширина горизонтальної верхньої полки - 0-100 мм,
 V14 - висота профілю - 10-50 мм,
 R16 - середній радіус заокруглення - 2-25 мм.

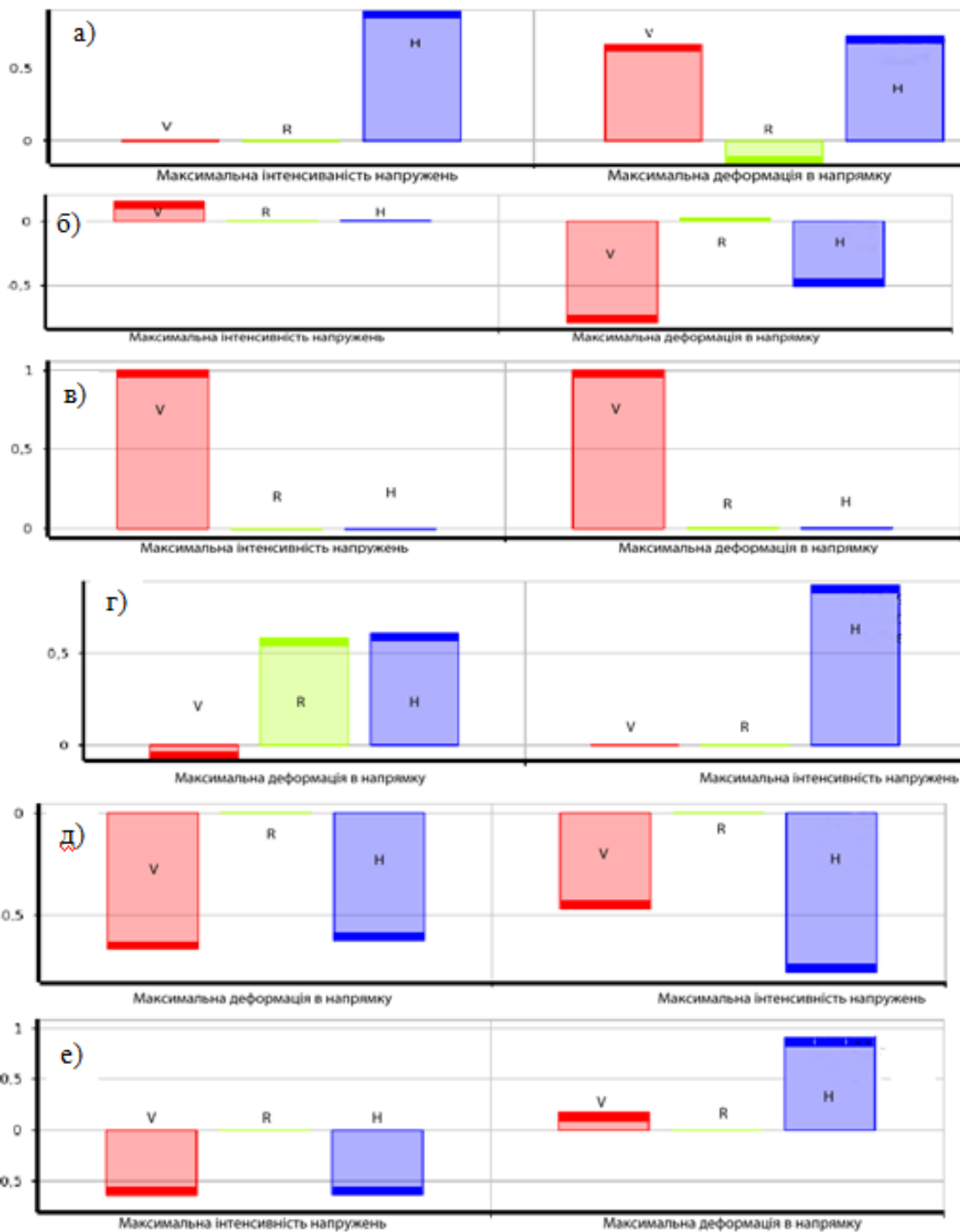
Типова схема закріплення та прикладання сил і моментів до зразка



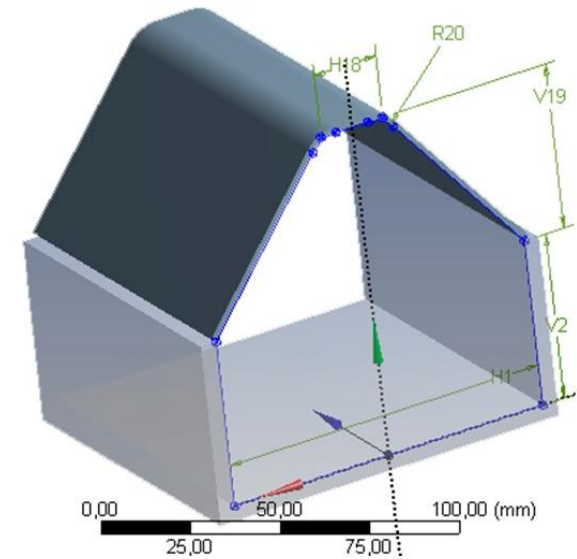
Зразок 1



Чутливість максимальної деформації та інтенсивності напружень до зміни геометричних параметрів елементів підсилення металокопструкції за зразком 1 при дії: а) сили по осі X; б) сили по осі Y; в) сили по осі Z; г) крутильного моменту відносно осі X; д) крутильного моменту відносно осі Y; е) крутильного моменту відносно осі Z

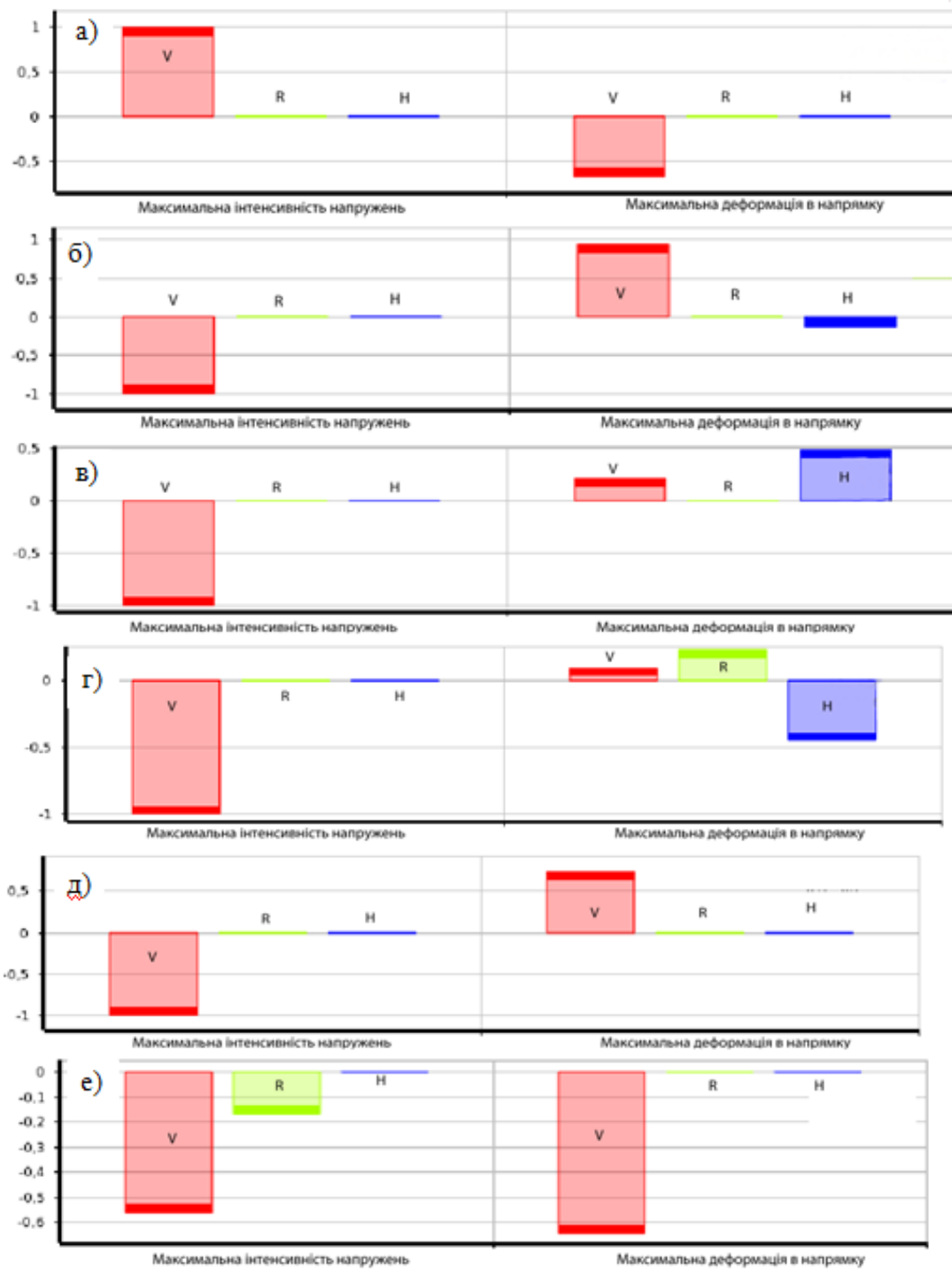
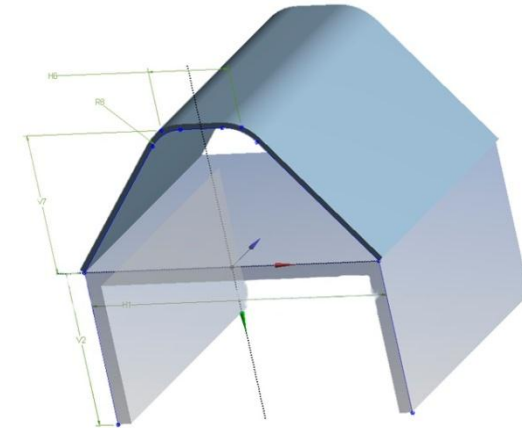


Зразок 2

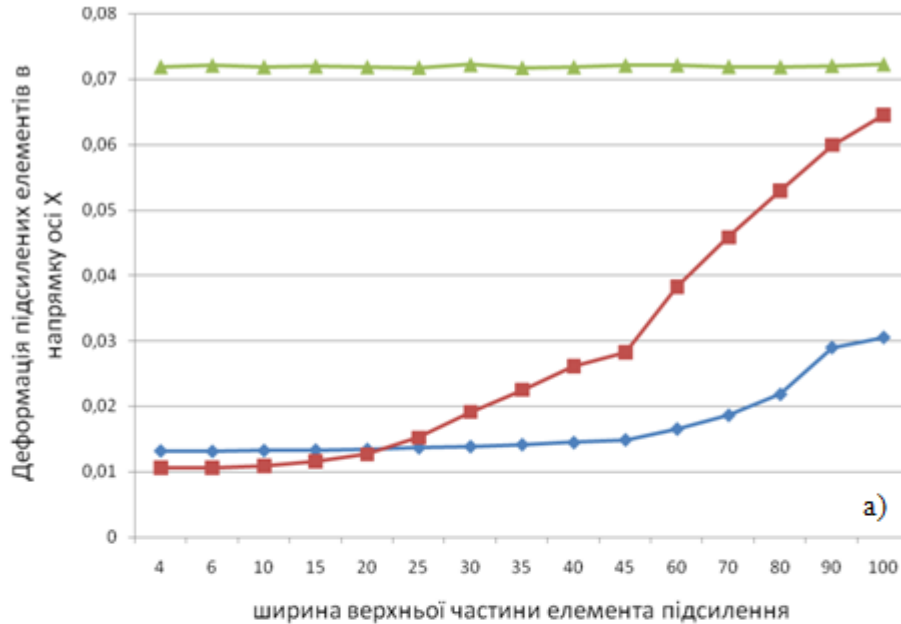


Чутливість максимальної деформації та інтенсивності напружень до зміни геометричних параметрів елементів підсилення металоконструкції за зразком 2 при дії: а) сили по осі X; б) сили по осі Y; в) сили по осі Z; г) крутильного моменту відносно осі X; д) крутильного моменту відносно осі Y; е) крутильного моменту відносно осі Z

Зразок 3

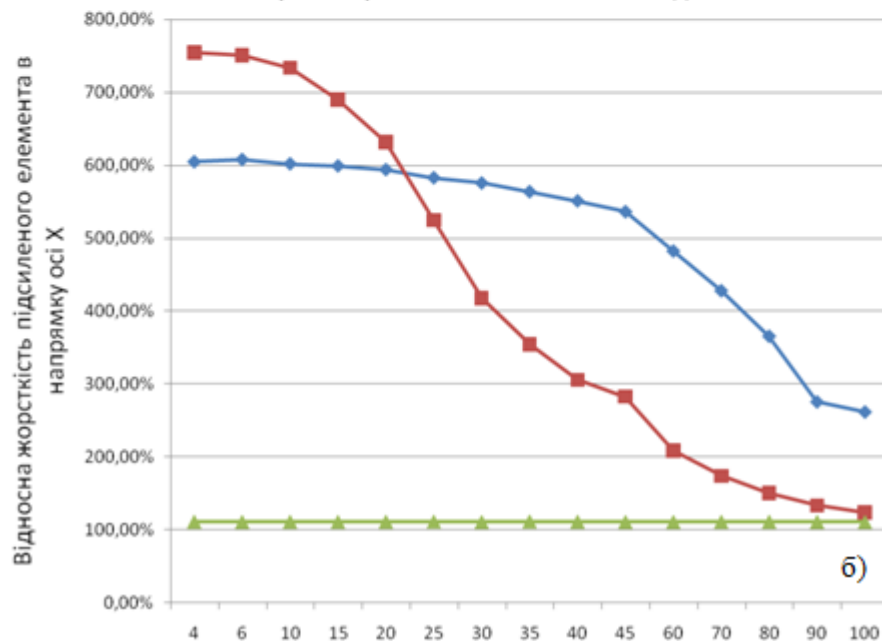


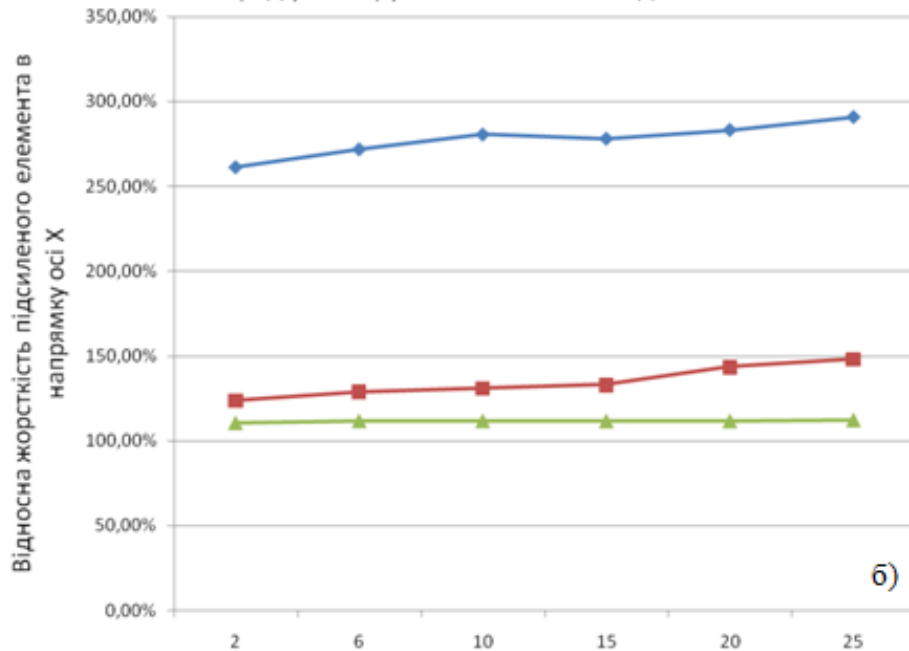
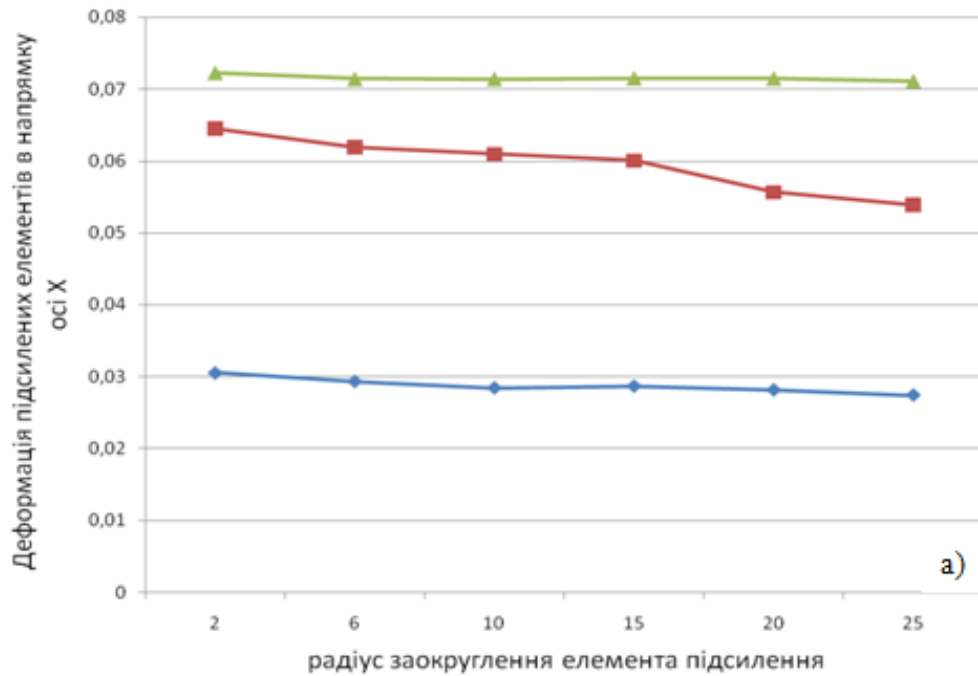
Чутливість максимальної деформації та інтенсивності напружень до зміни геометричних параметрів елементів підсилення металоконструкції за зразком 3 при дії: а) сили по осі X; б) сили по осі Y; в) сили по осі Z; г) крутильного моменту відносно осі X; д) крутильного моменту відносно осі Y; е) крутильного моменту відносно осі Z



Вплив ширини верхньої частини елемента підсилення H на деформацію (а) і відносну жорсткість (б) підсилених елементів під дією сили у напрямку осі X

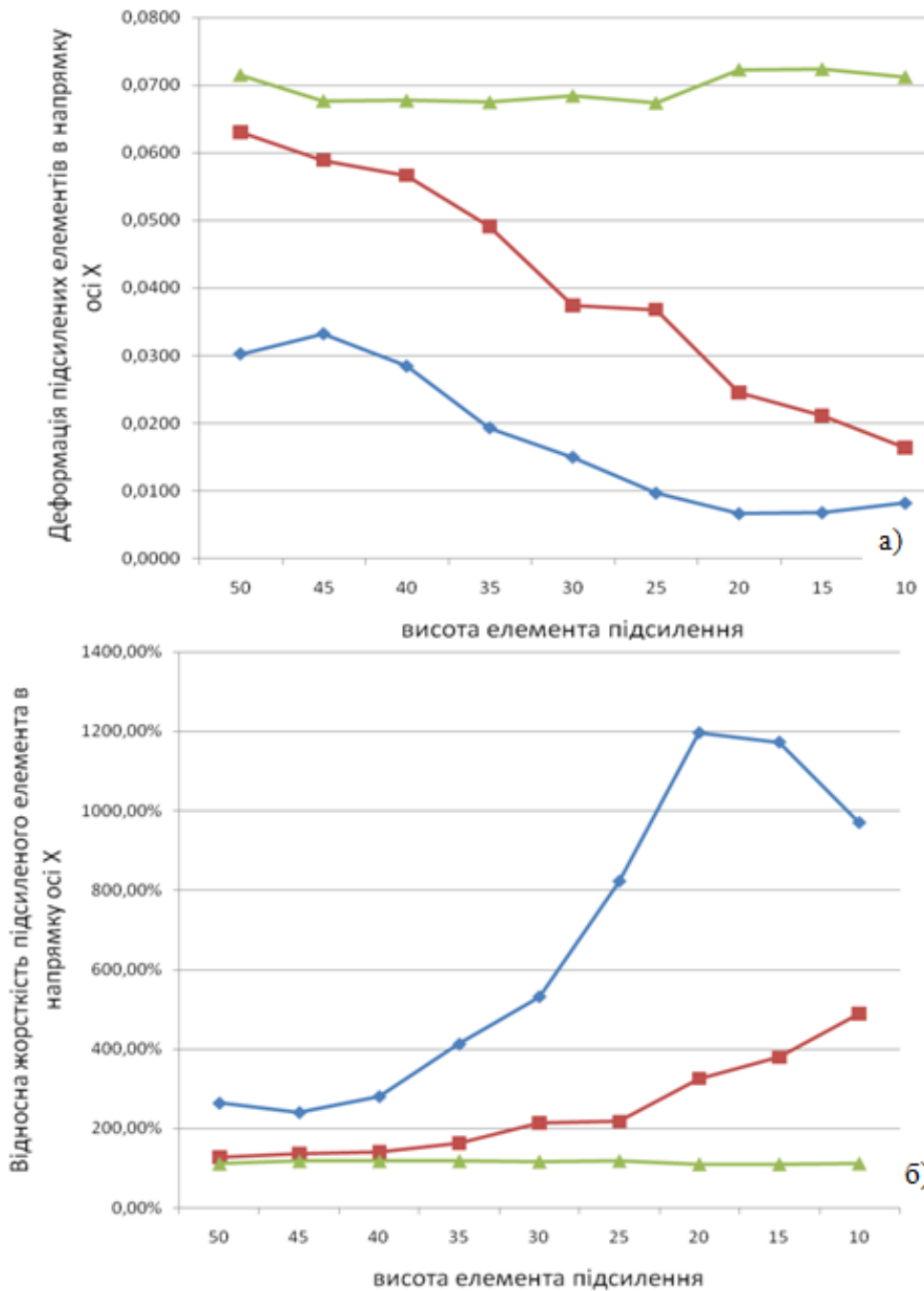
- (♦ - зразок 1 з внутрішнім підсиленням;
- - зразок 2 із зовнішнім підсиленням;
- ▲ - зразок 3 із зовнішнім підсиленням)





Вплив радіуса заокруглення елемента підсилення R на деформацію (а) і відносну жорсткість (б) підсиленних елементів під дією сили у напрямку осі X

(♦ - зразок 1 з внутрішнім підсиленням;
 ■ - зразок 2 із зовнішнім підсиленням;
 ▲ - зразок 3 із зовнішнім підсиленням)



Вплив висоти елемента підсилення V на деформацію (а) і відносну жорсткість (б) підсилених елементів під дією сили у напрямку осі X

(♦ - зразок 1 з внутрішнім підсиленням;
 ■ - зразок 2 із зовнішнім підсиленням;
 ▲ - зразок 3 із зовнішнім підсиленням)

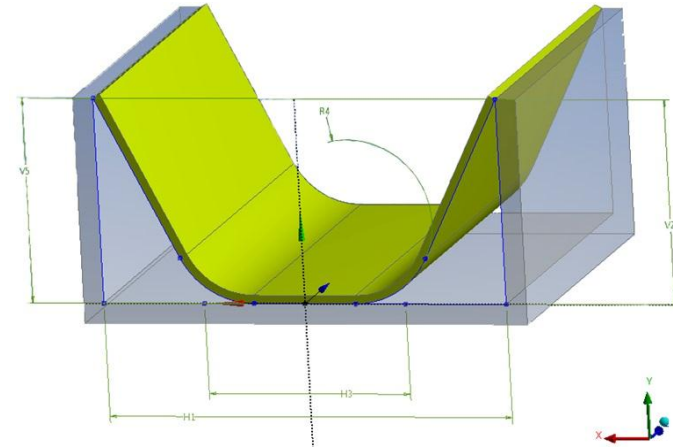
Порівняння деформацій (жорсткості) підсилених металоконструкцій та інтенсивності напружень під дією навантажень

	з пластиною		зразок 1		зразок 2		зразок 3	
	деформація	напруження	деформація	напруження	деформація	напруження	деформація	напруження
Сила по X	0,011986393	24,197607219	0,002347461	3,776611328	-0,763386108	21,98983178	0,067302141	35,20386588
Сила по X	0,011986393	24,197607219	0,002352579	2,484048534	-0,695837384	18,51225149	0,067302158	35,20285313
Сила по X	0,011986393	24,197607219	0,002545287	2,876160301	-0,538550584	19,15499478	0,067302185	35,20487134
Сила по Y	0,052809466	35,593293385	0,013371539	24,01285058	0,053120643	27,91491627	0,047999636	42,33771824
Сила по Y	0,052809466	35,593293385	0,014444487	23,94664649	0,053760151	28,18124242	0,048031304	42,19482879
Сила по Y	0,052809466	35,593293385	0,014455518	24,14371494	0,053896052	27,97528681	0,048427982	42,43318206
Сила по Z	0,000498495	2,726538102	0,000431618	1,890189392	0,000469171	0,769338772	0,000474765	1,477057483
Сила по Z	0,000498495	2,726538102	0,000444874	1,89140302	0,000469247	0,772900892	0,000474816	1,476550631
Сила по Z	0,000498495	2,726538102	0,000454566	1,890432118	0,000469323	0,776463048	0,000475541	1,477440203
Момент відносно X	-	3,670240278	-	1,663838654	-	18,57366861	-	1,426080875
Момент відносно X	-	3,670240278	-	1,62619389	-	18,85179121	-	1,417891464
Момент відносно X	-	3,670240278	-	1,654425685	-	19,86473133	-	1,423169336
Момент відносно Y	-	0,596152579	-	0,516087038	-	33,31071787	-	0,423792849
Момент відносно Y	-	0,596152579	-	0,515917583	-	33,21017608	-	0,42378829
Момент відносно Y	-	0,596152579	-	0,515746319	-	22,54441176	-	0,423783725
Момент відносно Z	-	4,512301841	-	3,050356727	-	29,83543079	-	3,946861431
Момент відносно Z	-	4,512301841	-	5,737418397	-	29,95866925	-	3,950350822
Момент відносно Z	-	4,512301841	-	6,385849457	-	17,7672676	-	3,970495715

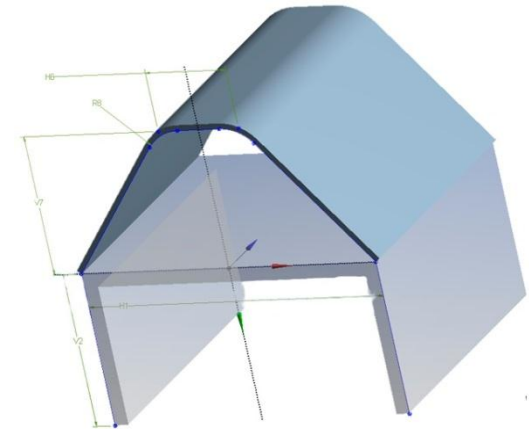
Оптимальні параметри зразка та схема установлення для різних видів навантаження 15

Оптимальний зразок-кандидат	Параметри			Схема встановлення елемента підсилення
	V	R (не більше 0,5·V)	H	
1	2	3	4	5
Сила вздовж осі X				
Кандидат А	0,2028	0,7705	0,1471	зразок 1
Кандидат Б	0,2004	0,0805	0,0405	
Сила вздовж осі Y				
Кандидат А	0,9972	0,2233	0,3267	зразок 1
Кандидат Б	0,9980	0,6833	0,6467	
Сила вздовж осі Z				
Кандидат А	0,9988	0,4533	0,9667	зразок 1
Кандидат Б	0,4812	0,9807	0,0576	зразок 3
Момент відносно осі X				
Кандидат А	0,8148	0,0832	0,1950	зразок 3
Кандидат Б	0,2124	0,9430	0,2894	зразок 1
Момент відносно осі Y				
Кандидат А	0,4804	0,5207	0,9702	зразок 3
Кандидат Б	0,2100	0,2530	0,1827	зразок 1
Момент відносно осі Z				
Кандидат А	0,2004	0,0805	0,0405	зразок 1
Кандидат Б	0,7836	0,6384	0,0409	зразок 3

Зразок 1



Зразок 3



1. Ресурс несучих металокопструкцій мобільних машин та споруд в процесі експлуатації використовується не повно. На локальних ділянках (10–15%) внаслідок особливостей копструкції та специфіки навантажень виникають тріщини та пошкодження. Це дозволяє рекомендувати розширення практики використання ремонтного зварювання з встановленням підсилювальних елементів спеціальної та універсальної форми в залежності від спектру навантажень.

2. Втомні тріщини у навантажених елементах металокопструкції розвиваються хаотично, що не корелює з напрямками дії основних сил та моментів.

3. Форма вузлів мікротріщин, в яких зароджуються та розвиваються тріщини, подібна дислокаційним картинам (хмари дислокацій).

5. Серед розглянутих, найбільш оптимальною за критеріями міцності та інтенсивності напружень є схема встановлення елемента підсилення всередину базового елемента.

6. Радіус заокруглення елемента підсилення практично не впливає на міцність та інтенсивність напружень підсиленої металокопструкції, що дозволяє варіювати його значеннями в широкому діапазоні величин.

7. З огляду технологічних властивостей щодо виготовлення елемента підсилення слід рекомендувати трапецеподібний профіль, який легко профілюється на універсальних пристосуваннях.