

УДК 629.01

**Н. М. Арцибашева<sup>1</sup>**, к.т.н., **Т. М. Меленчук<sup>1</sup>**, д.т.н., **О. В. Ковра<sup>2</sup>**, **Б. Ч. Бердієв<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса<sup>2</sup>Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕТЕРОГЕННОСТІ ЗВАРНИХ ШВІВ НА РЕСУРС ТРИМАЛЬНИХ СИСТЕМ ПРИЧЕПА

*У роботі розглянуті питання впливу структурної гетерогенності зварних швів на ресурс конструкції причепа. Розглянуті загальні питання стосовно конструкцій причепів та фізичних властивостей зварних з'єднань. Об'єктом дослідження є структурна гетерогенність зварних швів конструкції, що несе, причепа БМЗ-887. Для дослідження використовувались такі методики: методика тензометричних досліджень, методика кількісної металографії. У роботі представлені експериментальні дані, які отримані за допомогою вище вказаних методик, та проведений порівняльний аналіз цих даних. Отримані числові значення параметрів гетерогенності та швидкості розповсюдження втомних тріщин у зварних з'єднаннях.*

**Ключові слова:** Зварна конструкція, причіп, гетерогенність, тензометрія, тріщина, ресурс.

**Н. Н. Арцибашева**, к.т.н., **Т. М. Меленчук**, д.т.н., **А. В. Ковра**, **Б. Ч. Бердієв**

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕТЕРОГЕННОСТИ СВАРНЫХ ШВОВ НА РЕСУРС НЕСУЩИХ СИСТЕМ ПРИЦЕПА

*В работе рассмотрены вопросы влияния структурной гетерогенности сварных швов на ресурс конструкции прицепа. Рассмотрены общие вопросы относительно конструкций прицепов и физических свойств сварных соединений. Объектом исследования является структурная гетерогенность сварных швов конструкции, которая несет прицеп БМЗ-887. Для исследования использовались такие методики: методика тензометрических исследований, методика количественной металлографии. В работе представлены экспериментальные данные, которые получены с помощью выше указанных методик, и проведен сравнительный анализ этих данных. Полученные числовые значения параметров гетерогенности и скорости распространения усталостных трещин в сварных соединениях*

**Ключевые слова:** Сварная конструкция, прицеп, гетерогенность, тензометрия, трещина, ресурс.

**N. N. Arcybasheva**, PhD, **T. M. Melenchuk**, DSc, **A. V. Kovra**, **B. Ch. Berdiev**

### RESEARCH OF INFLUENCE OF THE HETEROGENEITY OF WELDED SEAMS ON THE RESOURCE OF BEARING SYSTEMS OF THE TRAILER

*The paper considered the issues of the influence of structural heterogeneity of welds on the life of the trailer design. Mainly in the works on welded structures, the effect of stress concentration during welding on the strength and crack resistance of the weld is considered and the possibilities of reducing temperature differences and deformations, which create the main threat of microcracks, are examined. One of the essential features of welded joints is the structural-mechanical inhomogeneity of the metal. The nature and properties of this heterogeneity as a factor in the destruction of welded joints is not fully determined. Therefore, the object of this study is the structural heterogeneity of welds of the supporting structure of the trailer BMZ-887.*

*General questions are considered regarding the trailer designs and physical properties of welded joints and the peculiarities of heterogeneity of the heat-affected zone or near the suture zone. For the study, we used the following methods: tensometric research, quantitative metallography. The paper presents experimental data that were obtained using the above mentioned methods, and a comparative analysis of these data was carried out. The relationship between the numerical values of the parameters of the weld heterogeneity and the propagation velocity of small and main fatigue cracks in welded joints is established.*

*The numerical values of the heterogeneity parameters and the propagation speeds of fatigue cracks in*

*the welded joints of the following types were obtained: the propagation speed of small cracks decreases slightly with increasing diameter of the second phase particles; particle diameter does not significantly affect the propagation velocity of trunk cracks; the effect of concentration (distance between particles) for small cracks is not significant; for trunk cracks with increasing particle density, the rate of propagation of cracks is somewhat reduced.*

**Keywords:** *Weldment, trailer, heterogeneity, straining, crack, resource.*

DOI 10.32684/2412-5288-2018-2-13-21-27

**Вступ.** Прогнозування ресурсу деталей машин та підвищення його при одночасному зниженні матеріалоемності є однією з основних задач проектування та технології виготовлення деталей машин і елементів конструкцій. Підвищенню стійкості до втомлюваності зварних конструкцій у літературі присвячується багато уваги [1, 2, 3]. Однак вплив мікроструктури зон зварювальних швів на механічні властивості всієї зварної конструкції вивчено недостатньо [4, 5, 6].

#### **Аналіз останніх досягнень і публікацій**

Відомо, що значний вплив на опір до стомлювання дають механічні та структурні неоднорідності зварних з'єднань. Механічні властивості зварних з'єднань освітлені у багатьох роботах [7, 8, 9], але цього не можна сказати про структурні неоднорідності. В цей же час відомо, що структурна гетерогенність значно впливає на кінетику втомного пошкодження [5, 6]. Недостатньо відомостей про зв'язок структури зварних з'єднань з границею витривалості. В основному в роботах [8, 9, 10] розглядають вплив концентрації напруги при зварюванні на міцність і тріщиноздатність зварного шва і досліджують можливості зменшення температурних перепадів і де-

формацій, які створюють основну загрозу появи мікротріщин.

Найбільш металоємними та значимими при визначенні характеру ремонту машин є конструкції несучих систем, до яких відносяться, зокрема, рами.

Оскільки рама причепа є зварною конструкцією, тому в роботі можливість підвищення ресурсу всієї системи за рахунок зміни структури зварного шва вивчалася на прикладі причепу БМЗ-887 (див. рис. 1). Причіп БМЗ-887 є конструкцією вагою 1,7 т, що складається з рами, платформи, ходової частини, дисла, поворотного пристрою, гальмівної системи, перевертаючого механізму, електроустаткування буксирного пристрою. Рама причепа зварена з двох лонжеронів, трьох поперечок, заднього візка, і задніх опорних кронштейнів кузова (див. рис. 1). Перша поперечка рами виготовлена з швелера і приварена до стійки і країв полиць лонжерона. Узли з'єднань з лонжероном посилені пластинами, привареними згори і знизу. З'єднання лонжеронів з третьою поперечкою відкритого профілю посилене косинками.

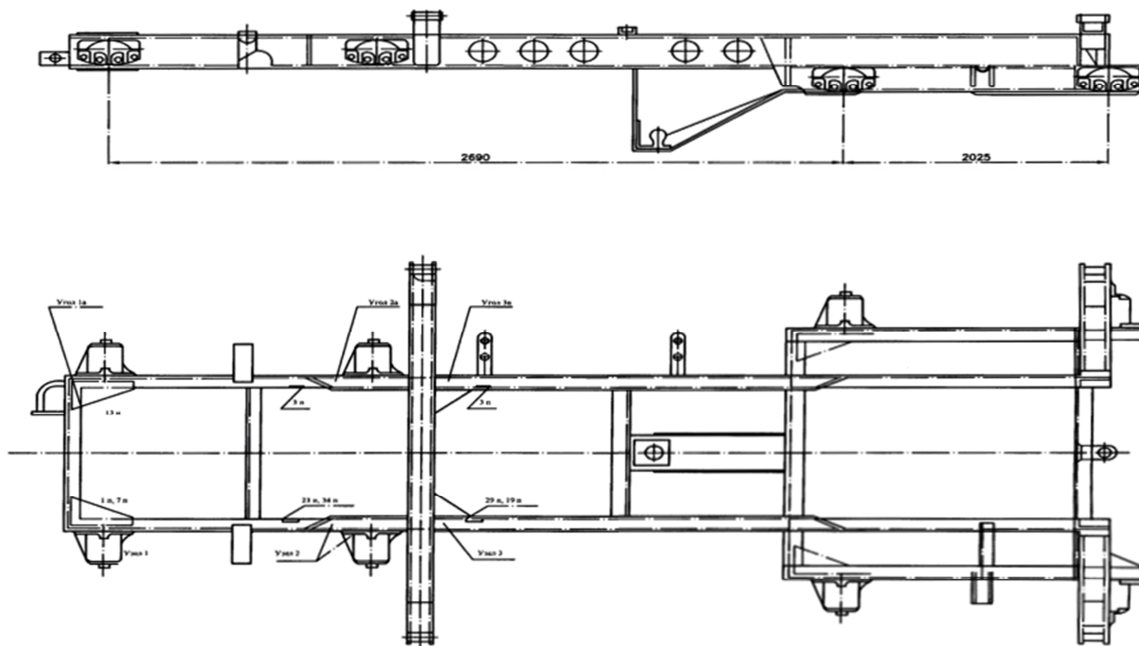


Рисунок 1 – Рама причепа [10, 11]

Дослідження пов'язане з однією з головних особливостей зварних з'єднань – неоднорідністю властивостей окремих ділянок зварного з'єднання (див. рис. 2).

Як видно з рисунку 2, у зварному шві розрізняють 3 зони: 1 – шов (лита структура); 2 – колошовна зона, нагріта у процесі зварки більш критичних крапок; 3 – колошовна зона, нагріта у процесі зварки нижче критичних крапок. У зоні термічного впливу можна розрізнити ряд ділянок. Ділянка 1 товщиною до 2 мм прилягає безпосередньо до шву та відповідає нагріву вище 1000-1100 °С. На цій ділянці утворюється круп-

нозерниста структура. Ділянка 2 (товщиною 0,5-2 мм) проходить такий нагрів та охолодження у процесі зварки, який можна порівняти з нормалізацією, у результаті чого отримується дрібне зерно. Ділянка 3 товщиною 0,5-1,0 мм характеризується лише частковою перекристалізацією та подрібненням зерен основного металу. Ділянка 4 завширшки 2-5 мм нагрівається до 500-440 °С. Ділянка 5 завширшки 4-20 мм нагрівається до 250-350 °С та не зазнає структурних змін, а може мати лише старіння. Пластичність цих ділянок нижча, а твердість вища, ніж у основного металу

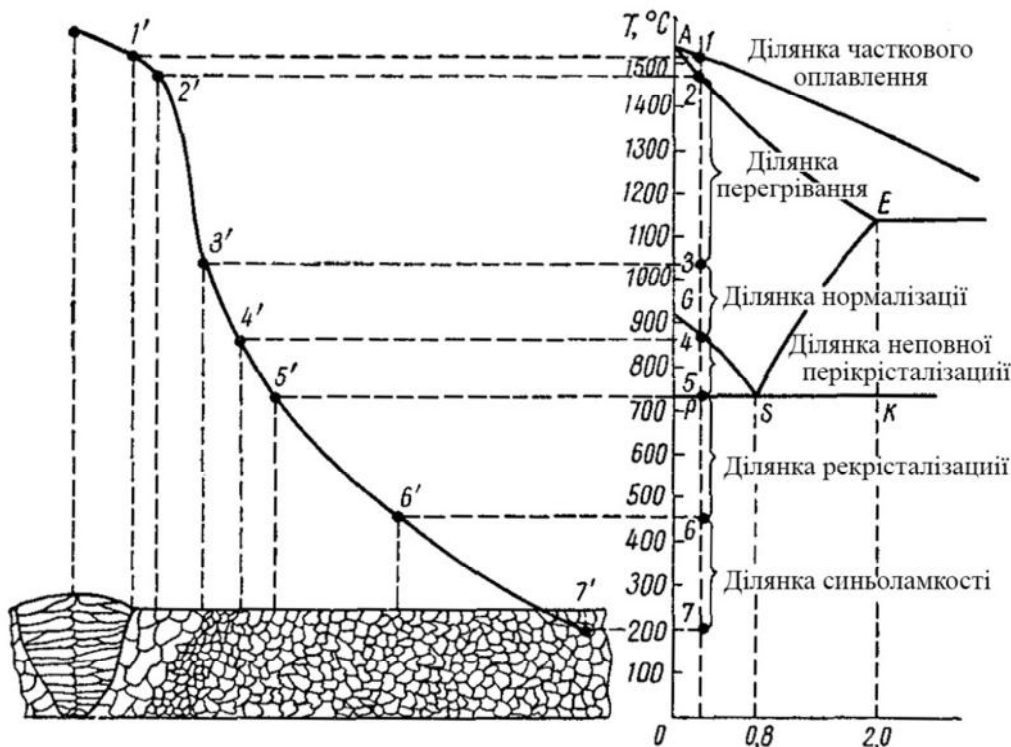


Рисунок 2 – Схема будови однопрохідного зварного з'єднання вуглецевої сталі

Склад колошовної зони у процесі зварки міняється. Характеристиками геометрії структури, які значним чином впливають на руйнування конструкції у процесі експлуатації, є параметри гетерогенності структури. Ці характеристики визначались за допомогою кількісної металографії [11, 13].

**Метою статті** є вивчення впливу структурної гетерогенності зварних швів на ресурс зварної конструкції причепа. У зв'язку з цим необхідно було визначити закономірності формування структурної неоднорідності зварного шва та руйнування зон зварних швів у процесі втомних випробувань.

#### Викладення основного матеріалу

Для вивчення втомного руйнування у різних зонах зварного шва були взяті 3 модельних спла-

ви з різними поєднаннями характеристик гетерогенності. При цьому вимірялися розміри частинок другої фази, щільність цих частинок і їх сумарний об'єм.

При вивченні структури встановлено, що у зварному з'єднанні сумісно працюють основний метал, метал шва та перехідний чи колошовний. Метали цих трьох зон можуть мати різні механічні властивості в залежності від основного металу, від виду та режимів зварки, від властивостей використаних електродної проволоки і флюсу, від наявності термічної обробки і т.п.

Для зварних з'єднань, що працюють у тих чи інших умовах, визначаються різноманітні механічні властивості металу трьох зон. Для цього вирізають зразки для випробувань в цілому з відповідної зони (наприклад, зі шва) чи розташо-

вують робочий перетин зразка у зоні, яка досліджується (наприклад, колошовний).

Вірний вибір зварних матеріалів, режимів зварки, термічної обробки дозволяє отримати відповідні механічні властивості металу шва та колошовної зони не гірші чи близькі до властивостей основного металу.

Тому були взяті у якості модельних матеріалів 3 типа зразків, що відрізняються розмірами часток  $d_{cp}$  від 0,03 до 0,2 щільністю розподілення цих часток від 20 % до 40 % та відстанями між ними від 200 до 400 мкм (див. табл. 1). Зразки сплавів з різним ступенем гетерогенності піддавалися втомним випробуванням.

Для дослідження структурного фактора використовувалась стандартна методика кількісної металографії, яка дозволяє визначити параметри гетерогенності на модельних зразках. Розглянутими параметрами гетерогенності були: середній діаметр частинок, мкм; сумарний обсяг частинок, %; щільність частинок.

При певному числі циклів за допомогою металографічного аналізу проводилася фіксація приросту довжини тріщини. Відношення  $dl/dN$  (мкм/цикл) являє собою швидкість зростання тріщини. Тріщини завдовжки до 10 мкм прийнято називати малими тріщинами, а більшої довжини – магістральними тріщинами. Зазвичай малі тріщини структурних складових матеріалу. Тому у роботі розглянуто впливи характеристик гетерогенності на розподіл швидкостей зростання втомних малих (див. табл. 2) і магістральних тріщин (див. табл. 3).

За цими даними за допомогою пакету MATLAB були отримані залежності  $V_{тр} = f(d_{cp})$ ;  $V_{тр} = f(U)$ ;  $V_{тр} = f(N_{dcp})$ ; для малих і магістральних тріщини для різних рівнів напружень (див. рис. 2, 3). Для малих тріщин залежності  $V = f(d_{cp})$  швидкості зростання тріщини від діаметру частинок мають степеневий характер, причому помітна тенденція деякого зменшення швидкості розповсюдження тріщини із збільшенням діаметру частинок другої фази.

Причому ця тенденція зберігається при всіх напруженнях, що прикладаються, 180-215 МПа, але чим вище напруження, тим вище швидкість розповсюдження тріщин. Падіння швидкості розповсюдження тріщин спостерігається при розмірі частинок  $d_{cp} = 0,1$  мм і більше. Це пов'язано з тим, що частинки грають двояку роль: концентратором напружень, тобто джерелом виникнення і розповсюдження тріщин, але і

стопором тріщин. Таким чином, окрім розмірів частинок на швидкість тріщин впливає щільність цих частинок. Для малих тріщин щільність майже не позначається при меншій нарузі, але із збільшенням напружень, що додаються, швидкість розповсюдження тріщин дещо зменшується із збільшенням частинок ( $V = f(U)$ ) до 30 %, а потім збільшується  $V_{тр}$  із збільшенням щільності до 40 %.

При аналізі результатів досліджень для магістральних тріщин встановлено, що швидкість розповсюдження магістральних тріщин також дещо зменшується із збільшенням діаметру частинок, але вона менш чутлива до цього параметра, ніж малі тріщини. При дослідженні впливу щільності частинок видно, що із збільшенням щільності до 38-40 % швидкість тріщин росте.

Відомо, що структурна гетерогенність є визначальною у кінетиці втомного пошкодження. Тому у дослідницькій частині роботи збиралась інформація про концентраційну здатність структури у різних зонах зварного шва, і, у першу чергу, про розміри часток другої фази, які є концентраторами для зароджування і активаторами чи стопорами при розповсюдженні тріщини.

На основі експериментів з використанням пакета MATLAB були побудовані графіки (див. рис. 3, 4) для залежностей швидкості розповсюдження втомних тріщин у шарах трьох типів зварних з'єднань в залежності від різних параметрів гетерогенності.

З цих графіків встановлено, що зі збільшенням напружень, які викликають руйнування, від 180 МПа до 275 МПа швидкість зростає не дуже швидко в залежності від  $d$ ,  $N$ ,  $U$ . Але зі збільшенням напружень частки 0,03-0,1 мкм починають більш явно грати роль концентраторів.

Для магістральних тріщин розмір діаметра має менший вплив, але зі збільшенням напружень від 200 МПа до 300 МПа швидкість значно збільшується.

Залежності для  $U$  та  $N_{dcp}$  для магістральних тріщин ідентичні, але швидкості розповсюдження тріщин із збільшенням  $\sigma$  збільшуються суттєво.

Проаналізувавши отримані залежності, встановили, що швидкість розповсюдження малих тріщин найменша за умови, якщо зварний шов має таку ж гетерогенність, як тип 2; швидкість розповсюдження магістральних тріщин найменша за умови, що зварний шов має таку ж гетерогенність, як типи 1 та 3.

Таблиця 1 – Розподіл сумарного об'єму частинок  $U$ , середнього розміру частинок  $d_{cp}$ , та щільності частинок  $N_d$  в залежності від типу зварного шва

Випробування	1 тип			2 тип			3 тип		
	$d_{cp}$ , мкм	$U$ , %	$N_{dcp}$ , мкм	$d_{cp}$ , мкм	$U$ , %	$N_{dcp}$ , мкм	$d_{cp}$ , мкм	$U$ , %	$N_{dcp}$ , мкм
1	0,1	20	400	0,2	40	300	0,03	45	-
2	0,1	22	400	0,17	30	300	0,03	40	250
3	0,1	30	370	0,03	25	330	0,05	20	300
4	0,07	32	320	0,03	37	400	0,09	38	390
5	0,03	33	200	0,04	20	300	0,07	-	-

Таблиця 2 – Зміна швидкості малих тріщин в залежності від типу зварного шва та напруження, яке прикладається

Випробування	Малі тріщини $V_1, \frac{\text{мкм}}{\text{цикл}} \cdot 10^{-2}$								
	$\sigma = 180 \text{ МПа}$			$\sigma = 200 \text{ МПа}$			$\sigma = 214 \text{ МПа}$		
	1 тип	2 тип	3 тип	1 тип	2 тип	3 тип	1 тип	2 тип	3 тип
1	0,8	1,3	3,5	3,0	0,7	8,0	10,0	-	-
2	0,8	1,3	3,5	2,6	0,7	3,0	10,0	-	-
3	0,6	3,0	5,8	2,8	1,8	3,9	6,5	-	-
4	0,7	4,0	7,7	3,4	2,0	4,8	5,5	-	14,0
5	0,8	5,0	8,2	3,0	2,5	5,0	6,0	4,0	10,0
6	-	5,5	8,7	-	2,5	4,5	-	2,0	5,0
7	-	-	10,4	-	-	4,5	-	-	1,0

Таблиця 3 – Зміна швидкості магістральних тріщин

Випробування	Магістральні тріщини $V_1, \frac{\text{мкм}}{\text{цикл}} \cdot 10^{-2}$					
	$\sigma = 273 \text{ МПа}$			$\sigma = 300 \text{ МПа}$		
	1 тип	2 тип	3 тип	1 тип	2 тип	3 тип
1	1	-	-	-	-	-
2	1	1	1	3	5	8
3	2	4	5	4	7	8
4	4	7	6	7	9	9
5	5	9	7	9	12	11
6	5	12	3	10	15	13
7	6	17	11	14	17	16
8	6	19	13	15	17	17
9	13	40	27	23	33	20
10	20	70	42	-	52	44

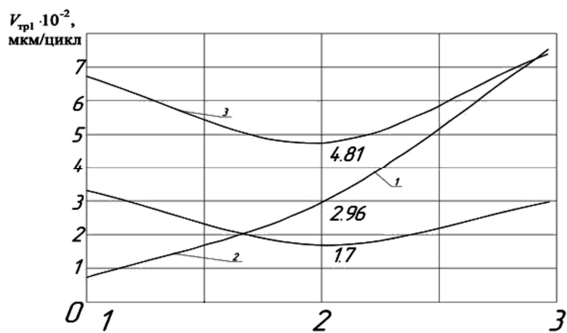


Рисунок 3 – Залежність швидкості розповсюдження малих тріщин від типу гетерогенності при напруженнях (МПа): 180 (1), 200 (2) і 215 (3)

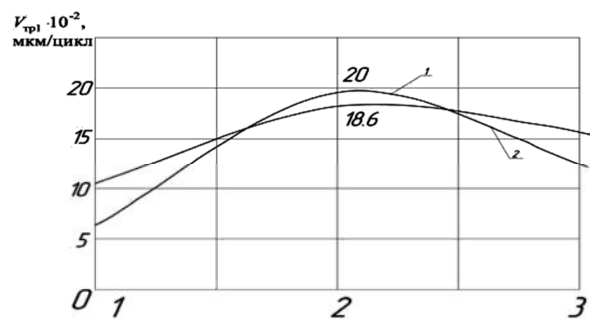


Рисунок 4 – Залежність швидкості розповсюдження магістральних тріщин від типу гетерогенності при напруженнях (МПа): 275 (1) і 300 (2)

**Висновки**

Таким чином отримані числові значення параметрів гетерогенності та швидкості розповсюдження втомних тріщин у зварних з'єднаннях трьох типів:

- швидкість розповсюдження малих тріщин дещо зменшується при збільшенні діаметра частинок другої фази;
- на швидкість розповсюдження магістральних тріщин діаметр частинок суттєво не впливає;
- вплив концентрації (відстані між частинками) для малих тріщин не значний;
- для магістральних тріщин зі збільшенням щільності частинок швидкість розповсюдження тріщин дещо знижується.

**Список використаних джерел**

1. Панкратов Н. М. Ускоренные испытания мобильных машин и их элементов: монография / Н. М. Панкратов, Н. Д. Боровский. – Одесса: Черноморье, 1998. – 198 с.
2. Григоренко В. С. Оценка трещиностойкости металла сварных соединений по результатам стандартных механических испытаний с учётом размеров структурных элементов / В. С. Григоренко, М. Д. Рабкина // Автоматическая сварка. – 2006. – № 6. – С. 21–26.
3. Винокуров В. А. и др. Сварные конструкции. Механика разрушения и критерии работоспособности. / Под редакцией Патона Б. Е. – М.: Машиностроение, 1996. – 570 с.
4. Болотин В. В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
5. Влияние стадии нагрева на формирование структуры сварных соединений закаливающихся сталей / А. М. Савицкий, В. Г. Васильев, М. М. Савицкий, В. Н. Ващенко // Автомат. сварка. – 2005. – № 1. – С. 19–21.
6. Труфяков В. И. Усталость сварных соединений. – Киев: Наук. думка, 1973. – 215 с.
7. ДСТУ 3761.3–98. Зварювання та споріднені процеси. Частина 3. Зварювання металів: з'єднання та шви, технологія, матеріали та устаткування. Терміни та визначення. – Київ: Державний комітет стандартизації метрології та сертифікації України, 1999. – 54 с.
8. Махненко В. И. Ресурс безопасной эксплуатации сварных соединений и узлов современных конструкций. – Киев: Наук. думка, 2006. – 620 с.
9. В. И. Савуляк, С. А. Заболотный, Д. В. Бакалец Минимизация деформаций и тепловых воздействий в рамных конструкциях при приваривании накладок для усиления //

Научные работы ВНТУ: сб. Машиностроение и транспорт. – 2012. – № 4. – С. 1–6.

10. Арцибашева Н. М. Изменение напряжений в раме прицепа при развитии поврежденной / Н. М. Арцибашева, Д. С. Дерешов, Н. М. Панкратов // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса, 2004. – Вып. 2(22). – С. 40–43.

11. Арцибашева Н. М. Прогнозирование ресурса рамы прицепа. / Н. М. Арцибашева, Д. С., Дерешов О. М. Белецкая // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса, 2007. – Вып. 2(28). – С. 50–53.

12. Теоретичні основи та розрахунки експлуатаційних властивостей спеціалізованого рухомого складу : навчальний посібник ; за заг. ред. Т. М. Меленчук / Т. М. Меленчук, Н. М. Арцибашева, Л. М. Петров, П. М. Павлішин, В. М. Меленчук. – Одеса : Черномор'я, 2018. – 104 с.

13. Арцибашева Н. М. Влияние структурного фактора на усталостное разрушение сварных швов / Н. М. Арцибашева, О. М. Белецкая // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса, 2008. – Вып. 2(30). – С. 52–55.

14. Палаш Р. В. Визначення раціональних факторів впливу на залишкові напруження в зварних з'єднаннях конструкцій із високоміцних сталей / Р. В. Палаш // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн.праць. – Львів : УкрДЛТУ. – 2006. – № 16.6. – С. 87–89.

**References**

1. Pankratov N. M., Borovskij N. D. Uskorenny'e ispy'taniya mobil'ny'x mashin i ix e'lementov monografiya. – Odessa : Chernomor'e, 1998. – 198 s.
2. Ocenka treshhinostojkosti metalla svarny'x soedinenij po rezul'tatam standartny'x mexanicheskix ispy'tanij s uchyotom razmerov strukturny'x e'lementov / V. S. Grigorenko, M. D. Rabkina // Avtomaticheskaya svarka. – 2006. – № 6. – S. 21–26.
3. Vinokurov V. A. i dr. Svarny'e konstrukcii. Mexanika razrusheniya i kriterii rabotosposobnosti. / Pod redakciej Patona B. E. – M.: Mashinostroenie, 1996. – 570 s.
4. Bolotin V. V. Prognozirovanie resursa mashin i konstrukcij. – M.: Mashinostroenie, 1984. – 312 s.
5. Vliyanie stadii nagreva na formirovanie struktury` svarny'x soedinenij zakalivayushhixsya stalej / A. M. Saviczkiy, V. G. Vasil'ev, M. M. Saviczkiy, V. N. Vashhenko// Avtomat. svarka. – 2005. – № 1. – S. 19– 21.

6. Trufyakov V. I. Uсталost' svarny'x soedinenij. – Kiev: Nauk. dumka, 1973. – 215 s.

7. DSTU 3761.3–98. Zvariuvannia ta sporidneni protsesy. Chastyna 3. Zvariuvannia metaliv: ziednannia ta shvy, tekhnolohiia, materialy ta ustatkuvannia. Terminy ta vyznachennia. – Kyiv: Derzhavnyi komitet standartyzatsii metrolohii ta sertyfikatsii Ukrainy, 1999. – 54 s.

8. Maxnenko V. I. Resurs bezopasnoj e'kspluatacii svarny'x soedinenij i uzlov sovremenny'x konstrukcij. – Kiev: Nauk. dumka, 2006. – 620 s.

9. V. I. Savulyak, S. A. Zabolotny'j, D. V. Bakalecz Minimizaciya deformacij i teplovy'x vozdejstvij v ramny'x konstrukciyax pri privarivanii nakladok dlya usileniya // Naukovi pratsi VNTU: sb. Mashinostroenie i transport. – 2012. – # 4 – S. 1–6.

10. Arcibasheva N. M. Izmenenie napryazhenij v rame pricepa pri razvitii povrezhdenij / N. M. Arcibasheva, D. S. Dereshov, N. M. Pankratov // Trudy' Odesskogo politexnicheskogo universiteta. – Odessa, 2004. – Vy'p. 2(22). – S. 40–43.

11. Arcibasheva N. M. Prognozirovanie

resursa ramy' pricepa. / N. M. Arcibasheva, D. S., Dereshov O. M. Beleczkaya // Trudy' Odesskogo politexnicheskogo universiteta. – Odessa, 2007. – Vy'p. 2(28). – S. 50–53.

12. Teoretychni osnovy ta rozrakhunky ekspluatatsiinykh vlastyvostei spetsializovanoho rukhomoho skladu : navchalnyi posibnyk ; za zah. red. T. M. Melenchuk / T. M. Melenchuk, N. M. Artsybasheva, L. M. Petrov, P. M. Pavlishyn, V. M. Melenchuk. – Odesa : Chornomoria, 2018. – 104 s.

13. Arcibasheva N. M. Vliyanie strukturnogo faktora na ustalostnoe razrushenie svarny'x shvov / N. M. Arcibasheva, O. M. Beleczkaya // Trudy' Odesskogo politexnicheskogo universiteta. – Odessa, 2008. – Vy'p. 2 (30). – S. 52–55.

14. Palash R. V. Vyznachennia ratsionalnykh faktoriv vplyvu na zalyshkovi napruzhenia v zvarnykh ziednanniakh konstruktsii iz vysokomitsnykh stalei / R. V. Palash // Naukovi visnyk UkrDLTU : zb. nauk.-tekhn.prats. – Lviv : UkrDLTU. – 2006. – # 16.6. – S. 87–89.

Надійшла до редакції 26.11.2018

УДК 534.29+539.5

**В. А. Машенко<sup>1</sup>**, к.ф.-м.н. **В. П. Квасніков<sup>2</sup>**, д.т.н.

<sup>1</sup>Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

<sup>2</sup>Київський національний авіаційний університет, м. Київ

### АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ПРОХОДЖЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ХВИЛЬ ЧЕРЕЗ ЗАНУРЕНУ У РІДИНУ ПЛАСТИНУ

*В статті представлені теоретичні розрахунки коефіцієнтів відбивання та прозорості для ультразвукової хвилі, що падає на поверхню пластини, зануреної в рідину. Розраховані критичні кути падіння ультразвукової хвилі з рідини, при яких у пластині з полімерних матеріалів, що мають різні за знаком та величиною значення коефіцієнта Пуассона, поширюється тільки поперечна хвиля. Проаналізовані умови повного відбивання для падаючої хвилі та прозорості для поперечної хвилі при критичних кутах падіння. Визначені товщини пластини для полімерних матеріалів, при яких відбувається повне відбивання та повне проходження падаючої хвилі.*

**Ключові слова:** ультразвукові хвилі, коефіцієнт Пуассона, імерсійний метод, коефіцієнти відбивання та прозорості.

**В. А. Машенко**, к.ф.-м.н., **В. П. Квасніков**, д.т.н.,

### АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ПРОХОЖДЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВОЛН ЧЕРЕЗ ПОГРУЖЕННУЮ В ЖИДКОСТЬ ПЛАСТИНУ

*В статье представлены теоретические расчеты коэффициентов отражения и прозрачности для ультразвуковой волны, падающей на поверхность пластинки, погруженной в жидкость. Произведен расчет критических углов падения ультразвуковой волны, при которых в пластине с полимерных материалов, что имеют различные за знаком и величиной значения коэффициента Пуассона, распространяется только поперечная волна. Проанализированы условия полного отражения для падающей волны и прозрачности для поперечной волны при критических углах падения. Определены толщины пластинки для полимерных материалов, при которых происходит полное отражение и полное прохождение падающей волны.*

**Ключевые слова:** ультразвуковые волны, коэффициент Пуассона, иммерсионный метод, коэффициенты отражения и прозрачности.