

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ РЕЙКОЗВАРЮВАЛЬНОЇ КОЛІЙНОЇ МАШИНИ КРС-1

У статті наведено результати аналітичного і експериментального досліджень напружено-деформованого стану (НДС) несучої конструкції рейкозварювальної колійної машини КРС-1. Аналітичне дослідження виконано з використанням методу скінченних елементів (МСЕ). Результати аналітичного дослідження використані при проведенні ходових динамічних випробувань на міцність. Проведено порівняння результатів експериментального і аналітичного досліджень. На основі аналізу отриманих розрахункових та експериментальних даних виконано оцінку міцності конструкції рейкозварювальної колійної машини КРС-1.

Ключові слова: колійна машин КРС-1, дослідження напружено-деформованого стану, втомлювальна міцність, МСЕ, випробування

Рейкозварювальна колійна машина КРС-1 призначена для зварювання рейок при ремонті безстикової колії, а також одиничних рейок у безстикові пліти на станційних коліях. Машина зварює рейки у колії, якою рухається, а також рейки, укладені всередині колії та зовні від ходової рейки [1]. Загальний вид планувальника машини КРС-1 виробництва ВАТ «Каховський завод електрозварювального обладнання» зображено на рис. 1.



Рис. 1. Рейкозварювальна колійна машина КРС-1

Для проведення експериментальних досліджень зразок машини КРС-1 був відібраний у відповідності з вимогами нормативних документів з оформленням акта.

Оцінка міцності виконувалася для транспортного режиму експлуатації.

Транспортний режим – це такий режим експлуатації, при якому машина може включатися до складу потягу, який рухається зі швидкістю до 90 км/год, або рухатися самоходом, як окрема транспортна одиниця зі швидкістю до 90 км/год.

Рама машини КРС-1 (рис. 2) складається з двох основних поздовжніх балок 1 (рис. 3), двох шкворневих балок 2, восьми поперечних

балок 3, двох буферних брусів з коробками для поглинальних апаратів 4, поперечних балок (двотавр № 36М ГОСТ 19425-74* і швелер № 14П ГОСТ 8240-97) 5. Також до моделі додано обв'язувальний пояс з швелера № 14П ГОСТ 8240-97.

Основний поздовжній несучий елемент конструкції рами має складний поперечний переріз (рис. 3), який складається з двотавра 1 № 36М ГОСТ 19425-74*, швеллера 2 № 14П ГОСТ 8240-97, закритого накладкою 3, а також накладки 4.

Аналітичне дослідження напружено-деформованого стану (НДС) несучої конструкції колійної машини КРС-1 виконувалося за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ). Розрахунок несучої конструкції за МСЕ мав за мету:

1) перевірити відповідність конструкції умовам міцності;

2) визначити місця встановлення тензOMETричних датчиків для проведення ходових динамічних випробувань на міцність.

Окрім того, за результатами розрахунку несучої конструкції машини КРС-1 за МСЕ були визначені статичні напруження $\sigma_{ст}$ з наступною оцінкою коефіцієнту запасу втомлювальної міцності n .

Для аналітичного дослідження НДС несучої конструкції машини КРС-1 було створено скінченно-елементу модель, представлена на рис. 2. В якості скінченних елементів було взято трьох- і чотирьохвузлові пластинки.

При виконанні аналітичного дослідження напружено-деформованого стану (НДС) несучої конструкції досліджуваної машини транс-

портний режим моделювався дією вертикального навантаження власної ваги несучої рами машини і стаціонарного обладнання, встановленого на неї у транспортному положенні з урахуванням коефіцієнта динаміки k . Навантаження від обладнання, маса якого перевищу-

вала 1 т, моделювалося зосередженими силами, діючими у місцях кріплення цього обладнання (рис. 4, 5). Навантаження від іншого обладнання враховувалися додаванням до власної ваги рами, шляхом перерахунку питомої ваги матеріалу рами.

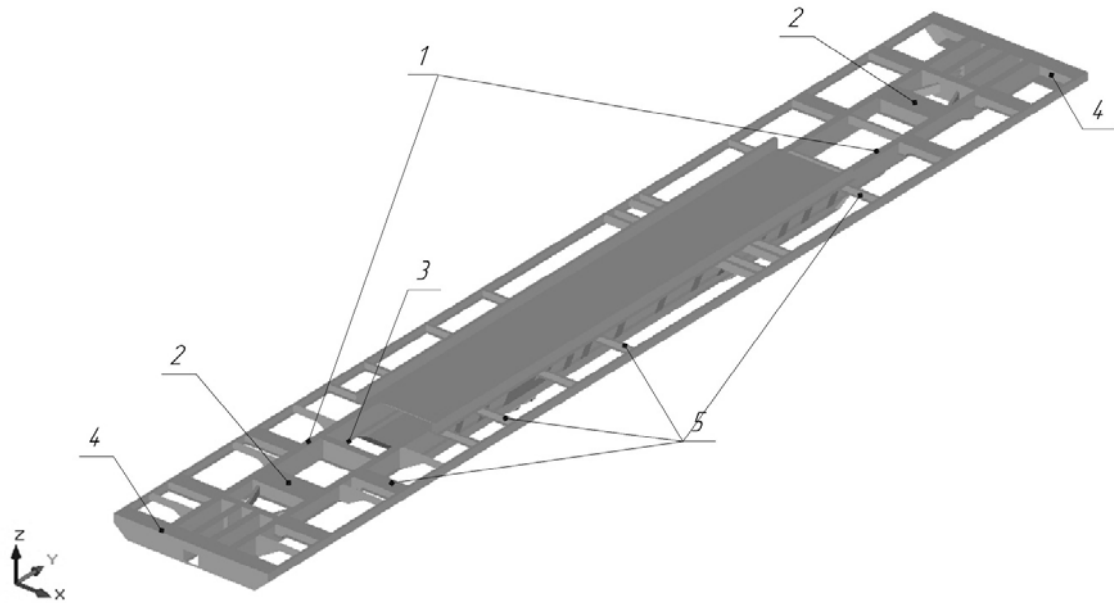


Рис. 2. Скінченно-елемента модель рами рейкозварювальної колійної машини КРС-1

Граничні умови задачі реалізовувалися за допомогою введення до місць спирання рами вертикальних зв'язків скінченної жорсткості, причому сумарна жорсткість одного комплексу зв'язків скінченної жорсткості була взята рів-

ною жорсткості одного комплексу ресорного підвішування.

На рис. 6 і 7 відповідно показані поля розподілу за конструкцією рами головних σ_1 і еквівалентних $\sigma_{\text{екв}}$ напружень за енергетичною теорією міцності Губера-Мізеса-Генкі.

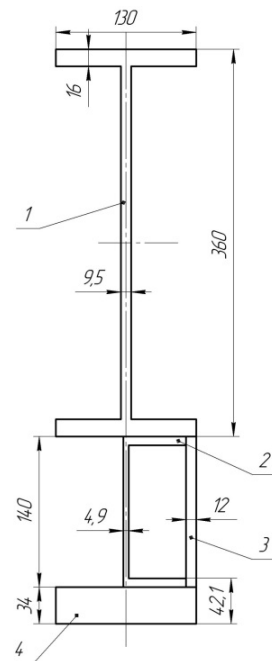


Рис. 3. Поперечний переріз основного повздовжнього елемента рами колійної машини КРС-1



Рис. 4. Схема навантаження скінченно-елементної моделі у верхній площині несучої рами

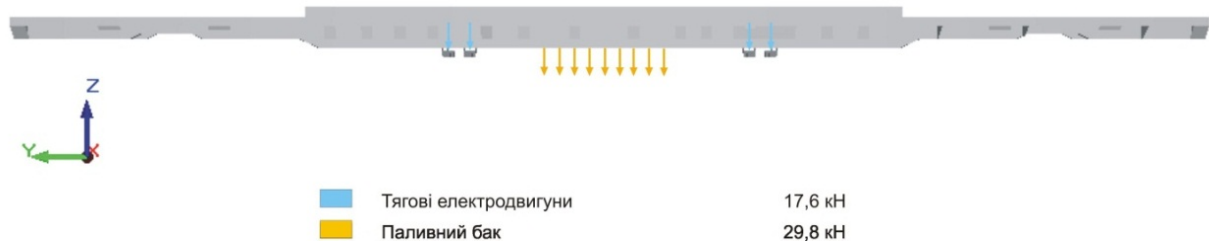


Рис. 5. Схема навантаження скінченно-елементної моделі у нижній площині несучої рами

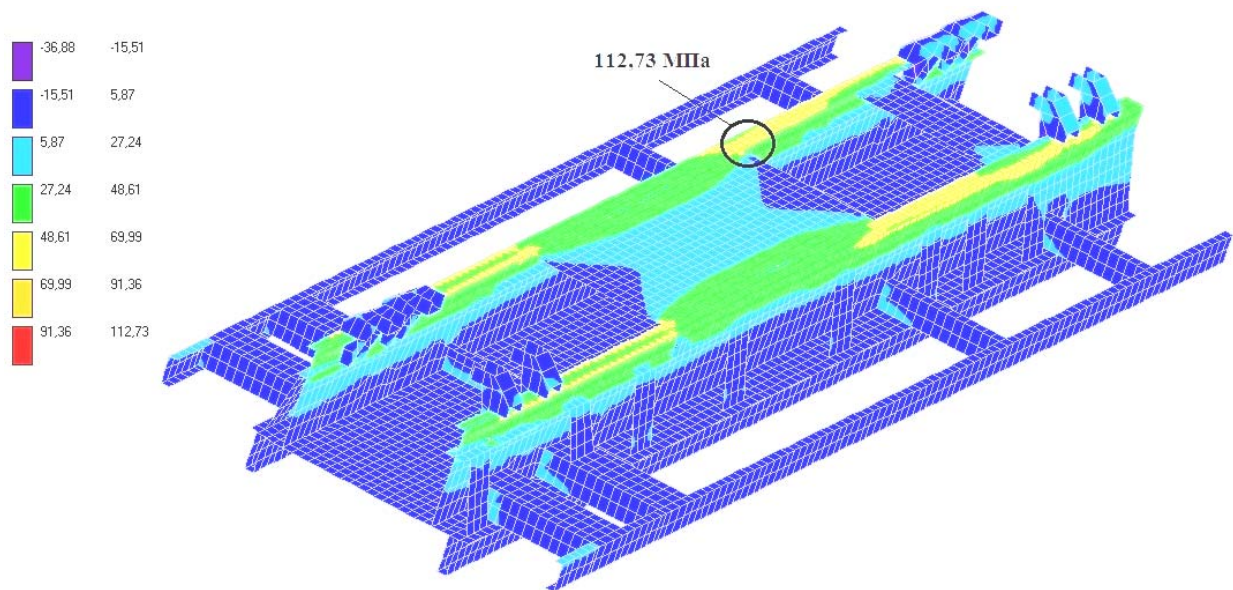


Рис. 6. Поля головних напружень σ_1 у центральній частині несучої рами. Транспортний режим (МПа)

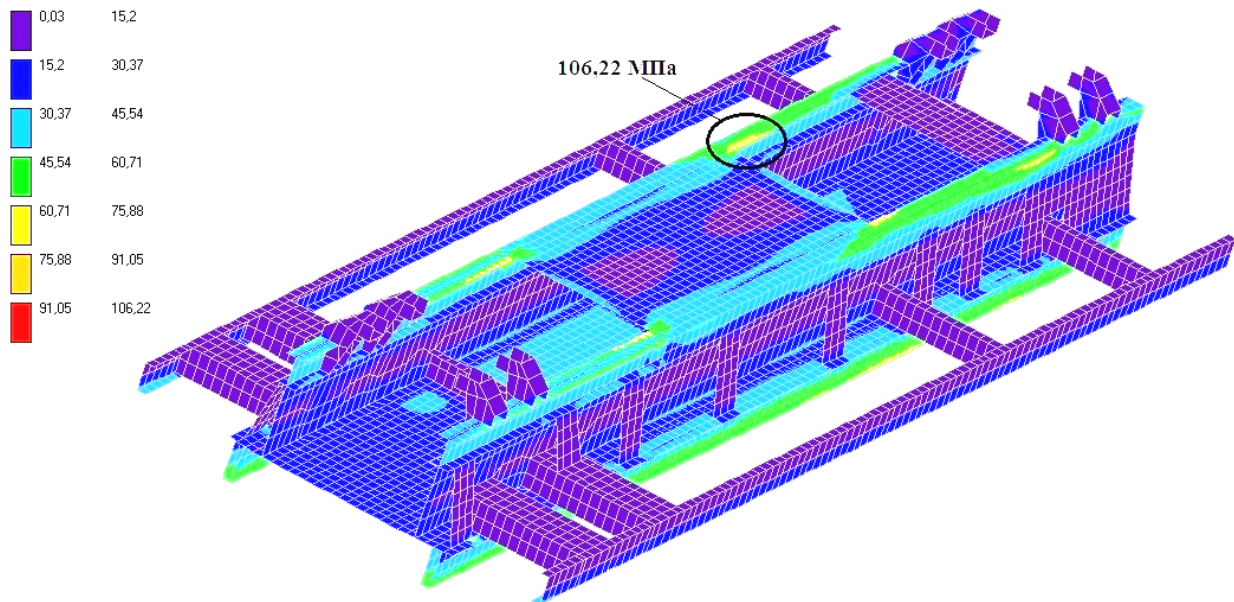


Рис. 7. Поля еквівалентних напружень $\sigma_{\text{екв}}$ у центральній частині несучої рами. Транспортний режимі (МПа)

Дослідження НДС несучої конструкції колійної машини КРС-1 показало (рис. 6, 7), що її середня частина є найбільш навантаженою при дії статичного навантаження. Зона максимальних напружень розташована у накладці 4 (рис. 3) основного повздовжнього елемента несучої рами у районі підвішування паливного бака (точка Х6R на рис. 8). Значення еквівалентних напружень за енергетичною теорією міцності Губера-Мізеса-Генкі з урахуванням коефіцієнту динаміки, який складає $k = 1,38$, у зоні концентрації (точка Х6R) складають $\sigma_{\text{дин}} = k\sigma_{\text{ст}} = 146$ МПа.

Таким чином, міцність несучої рами машини КРС-1 за допустимими напруженнями забезпечується, оскільки максимальні напруження у транспортному режимі, які становлять 146 МПа, не перевищують нормативне значення $[\sigma] = 155$ МПа [2].

Галузевою науково-дослідною лабораторією динаміки та міцності рухомого складу (ГНДЛ ДМРС) Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна (ДНУЗТ) були проведені ходові динамічні випробування на міцність дослідного зразка машини КРС-1. Випробування проводилися на Одеській залізниці.

Метою випробувань були перевірка відповідності конструкції дослідного зразка машини КРС-1 та її міцнісних показників вимогам Технічного завдання, нормативних документів [2, 3], що визначають умови безпеки руху та експлуатації, а також визначення коефіцієнтів запасу втомлювальної міцності у найбільш навантажених місцях конструкції. Ходові динамі-

чні випробування на міцність були проведені згідно програми-методики, розробленої на підставі Технічного завдання і [3].

Ходові динамічні випробування на міцність колійної машини проводилися при русі дослідної машини на перегоні зі швидкостями до 90 км/год (транспортний режим).

На основі проведеного аналітичного дослідження НДС несучої конструкції машини КРС-1 були визначені місця встановлення тензOMETричних датчиків для вимірювання динамічних складових напружень.

Схему розташування тензOMETричних датчиків наведено на рис. 8.

Ходові динамічні випробування на міцність проводилися одночасно з ходовими динамічними випробуваннями при русі дослідної машини прямими і кривими ділянками колії, а також по стрілочних переводах.

Значення коефіцієнтів запасу втомлювальної міцності n для характерних місць конструкції рами рейкозварювальної колійної машини КРС-1 при русі на перегонах і по стрілочних переводах, які визначалися з використанням статичних напружень і найбільших динамічних добавок, наведені у табл. 1.

Коефіцієнт запасу втомлювальної міцності розраховувався за відомим виразом [4]:

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma} \sigma_a + \Psi_{\sigma} \sigma_m},$$

де σ_{-1} – границя витривалості гладенького лабораторного зразка при симетричному циклі для базової довговічності;

σ_m – середнє значення циклу напружень.
 Приймалося рівним значенню напруження, отриманому при дії статичного навантаження $\sigma_{ст}$, тобто $\sigma_m = \sigma_{ст}$.

σ_a – номінальне значення амплітуди циклу зміни напружень;

Ψ_σ – коефіцієнт чутливості й асиметрії циклу;

K_σ – сумарний коефіцієнт, який враховує вплив концентрації напружень, масштабною і технологічного факторів.

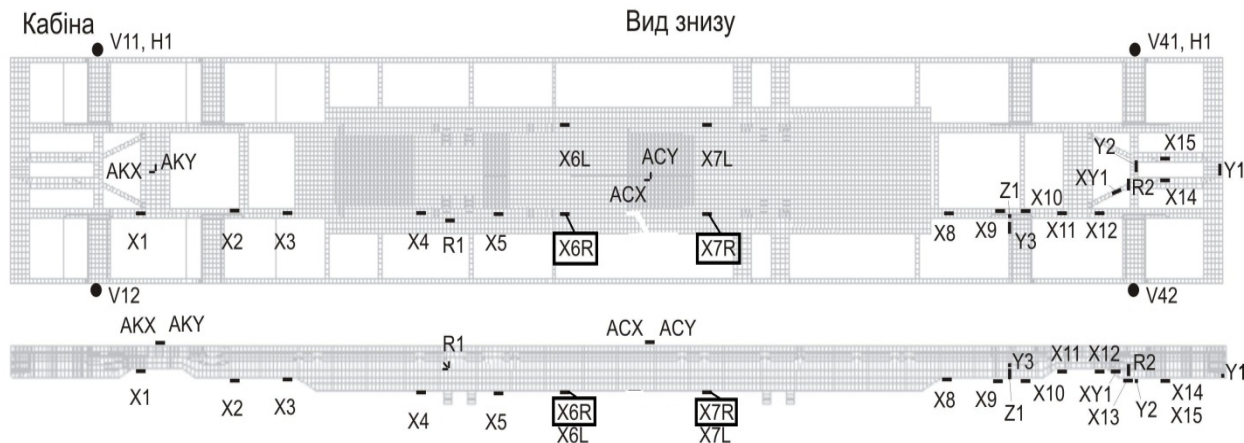


Рис. 8. Схема розміщення тензометричних датчиків на несучій рамі колійної машини КРС-1

Таблиця 1

Коефіцієнти запасу втомлювальної міцності в елементах несучої конструкції машини КРС-1. Транспортний режим

Датчик	v , км/год	n	$[n]$
X6R	10-30	2,58	1,5
	31-50	2,31	
	51-70	2,09	
	71-90	1,99	
X7R	10-30	2,17	
	31-50	1,98	
	51-70	2,09	
	71-90	2,06	

Втомлювальна міцність несучої рами дослідної машини вважається забезпеченою, якщо у всьому діапазоні швидкостей, для яких проводилися випробування, отримані значення коефіцієнтів запасу втомлювальної міцності не менші за нормативного значення, яке згідно [2, 3] приймалося $[n]=1,5$. В результаті обробки експериментальних даних ходових динамічних випробувань на міцність (табл. 1) можна зробити висновок, що міцність несучої конструкції рами рейкозварювальної колійної машини КРС-1 за коефіцієнтом запасу втомлювальної міцності забезпечується, оскільки отри-

мані значення цього коефіцієнту знаходяться у допустимих межах.

З порівняльної табл. 2 видно, що у найбільш навантажених елементах конструкції (точка X6R) значення коефіцієнтів запасу втомлювальної міцності, отримані аналітичним і експериментальним шляхом, добре узгоджуються і знаходяться у допустимих межах, оскільки не нижче нормованого значення $[n]=1,5$ [2, 3].

Таким чином, в результаті аналізу аналітичного та експериментального досліджень, було встановлено, що міцність несучої конструкції рами рейкозварювальної колійної машини КРС-1 у транспортному режимі забезпечена як допустимими напруженнями, так і за коефіцієнтами запасу втомлювальної міцності.

Таблиця 2

Коефіцієнти запасу втомлювальної міцності несучої конструкції машини КРС-1

Місце конструкції	Розрахунок конструкції за МСЕ	Ходові динамічні випробування на міцність	$[n]$
X6R	1,96	1,99	1,5
X7R	2,36	1,98	

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Путьевые машины [Текст] / С. А. Соломонов [и др.]. – Желдориздат, 2000. – 756 с.

2. Нормы прочности металлоконструкций путевых машин. ОСТ 32.62-96 [Текст] / ВНИИЖТ МПС РФ. – М., 1996.
3. Система испытаний подвижного состава. Организация и порядок проведения приёмочных и сертификационных испытаний тягового подвижного состава. ОСТ 32.53-96 [Текст] / ВНИИЖТ МПС РФ. – М., 1996.
4. Тимошенко, С. П. Сопротивление материалов [Текст] : том II / С. П. Тимошенко. – М.: Наука, 1965. – 480 с.

Надійшла до редколегії 22.04.2011.
Прийнята до друку 27.04.2011.

Б. Н. ТОВТ, Е. М. ДЗИЧКОВСКИЙ, А. Е. КРИВЧИКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ РЕЛЬСОСВАРОЧНОЙ ПУТЕВОЙ МАШИНЫ КРС-1

В статье приведены результаты аналитического и экспериментального исследований напряжённно-деформированного состояния (НДС) несущей конструкции рельсосварочной путевой машины КРС-1. Аналитическое исследование выполнено с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Результаты аналитического исследования использованы при проведении ходовых динамических испытаний на прочность. Выполнено сравнение результатов экспериментального и аналитического исследований. На основе анализа полученных расчётных и экспериментальных данных выполнена оценка прочности несущей конструкции рельсосварочной путевой машины КРС-1.

Ключевые слова: путевая машина КРС-1, исследования напряжённно-деформированного состояния, усталостная прочность, МКЭ, испытания

В. М. ТОВТ, Е. М. DZICHKOVSKYY, О. Е. KRYVCHYKOV

RESEARCH OF STRAINED-AND-STRESSED STATE OF SUPPORTING STRUCTURE OF TRACK MACHINE KRS-1

In this article the results of analytical and experimental research of the strained-and-stressed state of supporting structure of the track machine KRS-1 are presented. The analytical research is executed with the use of finite-element method (FEM). The results of analytical research are used during realization of running dynamic durability tests. The results of experimental and analytical research are compared. On the basis of analysis of the obtained calculation and experimental data the estimation of durability of supporting structure of the track machine KRS-1 is performed.

Keywords: track machine KRS-1, study of strained-and-stressed state, fatigue durability, FEM, test