

DOI 10.32820/2079-1747-2019-23-144-148

УДК 621.92

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МОНОРЕЛЬСОВОГО ПУТИ ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКЕ

©Резниченко Н. К., Резниченко Е. Н.

Украинская инженерно-педагогическая академия

Информация об авторах:

Резниченко Николай Кириллович: ORCID: 0000-0002-6989-0270; rezlynik@ukr.net; доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой интегрированных технологий в машиностроении и сварочного производства; Украинская инженерно-педагогическая академия, ул. Университетская 16, г. Харьков, 61003, Украина.

Резниченко Елена Николаевна: ORCID:0000-0001-9042-7355; rezlynik@ukr.net; кандидат педагогических наук, доцент кафедры педагогики, методики и менеджмента образования; Украинская инженерно-педагогическая академия, ул. Университетская 16, г. Харьков, 61003, Украина.

В статье рассмотрена и решена задача определения коэффициента концентрации напряжений в зоне сопряжения ездовая полка-стенка двутавра, что позволяет определить несущую способность монорельсового пути. Определение напряженного состояния производилось с помощью тензодатчиков типа 2ПКБ-3-100Б, с базой 3мм, наклеенных по контуру радиусной гантели натуральных отрезков двутавров с полками постоянной и переменной толщины. Измерение производилось с помощью тензометрического моста. Выполнен анализ и исследована работа монорельса при переменной нагрузке.

Показано, что при работе монорельса при переменной нагрузке усталостные трещины возникают в зоне перехода полки к стенке. Появление трещины в полке, во всех случаях, происходило у места перехода к округлению у стенки, хотя напряжение вдоль полки больше по величине, чем у стенки.

На основании метода В.В. Васильева рассчитаны коэффициенты концентрации напряжений в галтелях двутавров существующих стандартов.

Переход к эффективным коэффициентам концентрации и испытания на пульсаторе обеспечивают расчет ездовых полок двутавров на усталость.

Ключевые слова: двутавр, балка, напряженное состояние, приварка, полоса, усиление, исследование, профиль, монорельса.

Резніченко М.К., Резніченко О. М. «Дослідження роботи монорейкового шляху при змінному навантаженні».

У статті розглянута і вирішена задача визначення коефіцієнта концентрації напружень в зоні сполучення їздова полка-стінка двутавра, що дозволяє визначити несучу здатність монорейкового шляху. Визначення напруженого стану проводилося за допомогою тензодатчиків типу 2ПКБ-3-100Б, з базою 3 мм, наклеєних по контуру радіусної гантелі натуральних відрізків двутавров з полками постійної і змінної товщини. Вимірювання проводилося за допомогою тензометричного моста. Виконано аналіз і досліджена робота монорельса при змінному навантаженні.

Таким чином, представлена модель є інструментом для встановлення особливостей навантаження елементів аркового кріплення при русі рухомого складу по монорельсу і розрахунків величин навантажень, надають безпосередній вплив на несучу здатність аркового кріплення в транспортних виробках з підвісною монорельсовою дорогою. Регулюючи параметри взаємодії даної системи «Рухомий склад - монорельс - арочна кріплення - масив гірських порід», такі як швидкість транспортування і маса вантажу, що перевозиться, яка припадає на одну пару опорних роликів, можна прогнозувати пропускну здатність підготовчих виробок і відповідно темпи їх проведення і час підготовки нових виїмкових стовпів в умовах інтенсифікації гірських робіт.

Показано, що при роботі монорельса при змінному навантаженні втомні тріщини виникають в зоні переходу полки до стінки. Поява тріщини в полиці, у всіх випадках, відбувалося у місця переходу до округлення у стінки, хоча напруга уздовж полиці більше за величиною, ніж у стінки. На підставі методу В.В. Васильєва розраховані коефіцієнти концентрації напружень в галтелях двутавров існуючих стандартів. Перехід до ефективних коефіцієнтів концентрації та випробування на пульсатор забезпечують розрахунок іздових полиць двотаврів на втому.

Ключові слова: двутавр, балка, напружений стан, приварка, смуга, посилення; дослідження, профіль, монорейки.

Reznichenko M., Reznichenko O. «Investigating the work of a monorail path with variable load».

The article considers and solves the problem of determining the stress concentration factor in the junction area of the driving flange-wall of the I-beam, which allows to determine

load bearing capacity of the monorail. The determination of the stress state was carried out using strain gauges of type 2PKB-3-100B, with a base of 3 mm, glued along the contour of the radius dumbbell of full-length I-sections with shelves of constant and variable thickness. The measurement was performed using a strain gauge bridge. The analysis was carried out and the monorail operation under variable load was investigated.

Thus, the presented model is a tool for establish the features of loading of arch support elements at the movement of rolling stock along the monorail and calculations of the values of loads that have a direct impact on the carrier arch support in transport workings with suspended monorail road. By adjusting the interaction parameters of the system in question "Rolling stock - monorail - arch support - an array of rocks", such as the speed of transportation and the mass of the transported cargo falling on one pair of support rollers, you can predict the throughput development workings and, accordingly, the pace of their implementation and the time preparation of new excavation pillars in the conditions of intensification of mountain works.

It is shown that when a monorail is operating at a variable load, fatigue cracks arise in the transition zone of the shelf to the wall. The appearance of a crack in the shelf, in all cases, occurred

at the point of transition to rounding at the wall, although the stress along the shelf is greater in magnitude than at the wall. Based on the method of V.V. Vasiliev calculated stress concentration coefficients in the fillets of I-beams of existing standards. The transition to effective concentration ratios and testing on the pulsator provide for the calculation of the flanges of the I-beams for fatigue.

Keywords: double tee, beam, stress state; welding; band, gain; study, profile, monorail.

Введение

Пути подвешенного транспорта, речь идет о путях перемещения электродеталей, подвешенных кранов, тележек подвешенных конвейеров, в ряде случаев двутавры являются элементами кранбалок, поясами пролетных балок козловых кранов и т.д. В этом случае имеет место работа полок двутавра на изгиб под нагрузками, передаваемыми колесами грузовых тележек. Во многих случаях двутавр работает одновременно и как элемент несущей конструкции, например, ригель козлового крана, как ездовая балка, воспринимающая подвижные нагрузки.

Использование стандартного проката в качестве путей передвижения ставит вопрос о концентрации напряжений в галтели двутавра. Нагрузка полки давлением колеса тележки вызывает относительно высокие напряжения у края полки и вблизи стенки.

1. Анализ литературных источников

Вопросам определения коэффициента концентрации посвящены исследования Г. Нейбера, А.Тума, Г.Н. Савина, С.П. Тимошенко, Р.М. Шнейдеровича, М.А. Барга, А.В. Верховского, В.В. Васильева и других.

Большая часть работ посвящена определению коэффициента концентрации напряжений около отверстий, выточек, вырезов, пазов, галтелей и на телах вращения.

2. Цель и задачи исследования.

Определить эффективный коэффициент концентрации напряжений в переходе полка-стенка монорельса, что позволит производить расчет ездовых полок двутавра на усталость.

3. Изложение основного материала.

Сделанный анализ геометрических параметров стандартных двутавров позволяет применить метод В.В.Васильева (на базе решения А.В. Верховского) для определения напряжений в любой точке контура.

Тогда

$$Q_{\alpha} = \frac{h_H (\sin \beta + n \cos \beta) \sigma_{НОМ}}{(m - p \times \cos \beta + pn \sin \beta) \sin 2 \arctg(h_H - y) / h_H}$$

где ρ – радиус сопряжения полки и стенки, h – толщина полки,
 h_H – расстояние до нейтральной оси; y – зона влияния $(0,3 \dots 0,7) h_H$.

$$n = \frac{h_H}{\rho + h_H}, \quad m = \frac{\rho^2 + \rho h_H + h_H^2}{\rho + h_H}$$

β_3 – экстремальный угол соединяющий положение σ_{\max}

$$\beta_3 = \arcsin \frac{-n\rho + \sqrt{1 + n^2} \rho^2}{m}$$

Принятая методика расчета (рис.1) позволила получить величину коэффициента концентрации α , и значение экстремального угла β_3 для двутавров, применяемых в качестве монорельсов. Мы установили, что для двутавров с параллельными гранями полок по ТУ 14-2-24-72 имеем $\alpha=1,06 \dots 1,15$; $\beta_3 = 5 \dots 7,5^\circ$; для двутавров по ГОСТ 8239-72 $\alpha=1,15 \dots 1,2$; $\beta_3 = 7 \dots 9^\circ$; для двутавров по ГОСТ 19425-77 $\alpha=1,15 \dots 1,2$; $\beta_3 = 9 \dots 11^\circ$. Эти данные были проверены в опытах с двутаврами №24 и 36 ГОСТ 8239-72, и № 30 ТУ 142-24-72 на стенде.

Определение напряженного состояния производилось с помощью тензодатчиков типа 2ПКБ-3-100Б, с базой 3мм, наклеенных по контуру радиусной гантели натуральных отрезков двутавров с полками постоянной и переменной толщины. Измерение производилось с помощью тензометрического моста.

Характерные этапы распределения напряжений по гантели двутавра и допустимые циклы нагружения показаны на рис. 1-2.

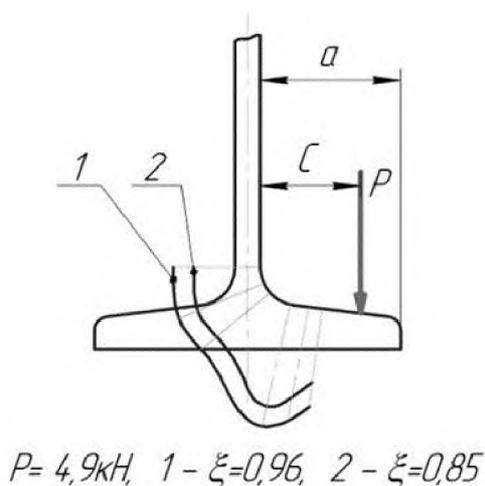


Рис. 1 – Методика расчета

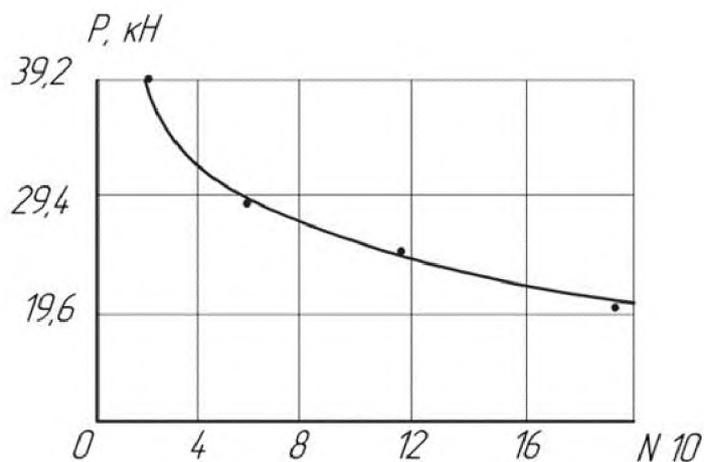


Рис. 2 – Зависимости циклов разрушения N от нагрузки P

Результаты опытов показывают, что коэффициент концентрации $\alpha = 1,14 \dots 1,21$ и угол $\beta_3 = 5 \dots 12^\circ$, что не противоречит с теоретическими расчетами. Переходя к значению эффективного коэффициента концентрации

$$K_3 = 1 + q(\alpha - 1),$$

принимаям $g = 0.55$ (для сталей Ст. 3), тогда при $\alpha = 1,15 \dots 1,2$ имеем $K_3 = 1,08 \dots 1,11$ и можно принять в среднем $K = 1,1$.

При этом конструктор получает возможность выполнять усталостные расчеты ездовой балки. Методика усталостных расчетов и испытаний обязана трудам С.В. Серенсена, И.А.Одинга, М.М. Гохберга, А.Д. Кеннеди, Н.Н. Афанасьева и других ученых.

При ограниченном числе циклов нагрузки, пределы усталости связаны с числом циклов N , зависимостью

$$\sigma^m N = const.$$

Для оценки m , нами проведены испытания на пульсаторе ТРМ-1. Испытания проводились на натуральных отрезках двутавра №24 ГОСТ 8239-72, длина каждого образца 1200 мм.

Нагружение полки двутавра производилось специально изготовленными скобами симметричной нагрузкой, с предварительным нагружением усилием 2...3 кН, и дальнейшей работой из нагрузок $P = 20, 25, 30$ и 40 кН.

Появление трещины в полке, во всех случаях, происходило у места перехода к округлению у стенки, хотя напряжение вдоль полки больше по величине, чем у стенки. Результаты экспериментов приведены на рис.2, в виде графика зависимости циклов разрушения N от нагрузки P . Полученные результаты позволяют принять в (17) значение $m = 3,1$. Выполненные расчеты проверены экспериментально.

Выводы

На основании метода В.В. Васильева рассчитаны коэффициенты концентрации напряжений в галтелях двутавров существующих стандартов. Переход к эффективным коэффициентам концентрации и испытания на пульсаторе обеспечивают расчет ездовых полки двутавров на усталость. При этом можно принять $K_9 = 1,1$ и в зависимости $\sigma^m N = const. = m = 3,1$.

Список використаних джерел:

1. Говоруха В. В. К исследованию напряженно – деформативного состояния монорейса / В. В. Говоруха. – Киев : Укр. НИИТИ, 1987. – 34 с.
2. Горынин Г. Л. Работа двутавра при переменной нагрузке / Г. Л. Горынин, Ю. В. Немирововский // Подъемно – транспортное оборудование : респ. межд. научн.-техн. сб. – 1987. – Вып. 18. – С. 48-49.
3. Congouille, R. Aubel. Transports et mametenetions. “Publications techniques des charleonnaires deFrance”., Transports et telicommunications aux Hoillires de Provance – “Industrie minerale mine”, 2005, № 3.
4. Watt R.G. Transport of Men and Materials: the Problems – Some Solutions and New Concepts / R.G. Watt, J.H. Nothard // Mining Engineering, 2012. – October.

References

1. Govoruka, VV 1987, K issledovaniju naprjazhenno – deformativnogo sostojanija monorelsa, Ukrainskij nauchno-issledovatel'skij institut nauchno-tehnicheskoy informacii, Kiev.
2. Gorynin, GL & Nemirovovskij, JuV 1987, ‘Rabota dvutavra pri peremenoj nagruzke’, Podemno – transportnoe oborudovanie, iss. 18, pp. 48-49.
3. Congouille, R. Aubel. Transports et mametenetions. “Publications techniques des charleonnaires deFrance”., Transports et telicommunications aux Hoillires de Provance – “Industrie minerale mine”, 2005, № 3.
4. Watt R.G. Transport of Men and Materials: the Problems – Some Solutions and New Concepts / R.G. Watt, J.H. Nothard // Mining Engineering, 2012. – October.

Стаття надійшла до редакції 26 квітня 2019 р.