



UDC 621.177; 621.314

STRESS-STRAIN STATE OF A BOTTOM CHORD OF A WELDED ROOF TRUSS

Yaroslav Kovalchuk; Natalya Shynhera; Natalya Chornomaz

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine

Summary. Using a computer simulation in the ANSYS Workbench 14.5 software, the investigation of a rectangular 18000x3600 mm welded roof truss was performed. The values of stresses and deformations along the bottom chord of a construction and the place of formation of their peak values are revealed. The sites in the elements of the structures that determine the overall supporting ability of the truss were determined. Based on the results of calculations, you can increase the bearing capacity of the structure by local strengthening of the bottom chord of the truss between the lateral nodes. The described modeling technique can be used both in the design of trusses, and for the verification calculations of trusses which are operated to prevent the onset of the limit state under the action of possible power influences.

Key words: welded truss, stress-strain state, supporting ability.

https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2019.01.041

Reserved 08.04.2019

Statement of the problem. Welded secondary trusses of rectangular configuration are widely used in civil engineering due to their unification, high technological effectiveness, and the ability to operate under the influence of various stress factors. They are used while constructing of multi-span building structures (storage modules, sports complexes, exhibition halls, shopping centres, industrial premises, etc.). The stress-strain state (SSS) of the welded truss lower chord considerably determines the structure supporting capacity as a whole; therefore, their design involves, first of all, the correct determination of SSS parameters in operational and emergency power influences. The high cost of metal rolling used for welded trusses manufacturing, specifies the necessity to improve the methods of SSS parameters determination in truss elements. The common disadvantage of classical calculation methods is the high complexity of design work and the significant impact of subjective factor while choosing empirical coefficients taking into account design, technological and operational features of the real welded truss. Therefore, in order to ensure the guaranteed structure durability and reliability, the obtained results are corrected in order to increase its material content, which, in turn, results in the truss cost growth. The current state of computer technology development and application of numerical computational methods makes it possible to solve this problem and to estimate SSS parameters of the structure elements under the influence of external loads by means of computer simulation experiment.

Analysis of available investigations and publications. According to the results of the analysis of previously carried out researches of welded truss SSS, it was determined that in modern science and engineering practice a large number of applied software complexes (PC POPsK-Mirage-PSMK, Lira-W, SCAD, Cosmos Works, Design Space, PCs SCAD and Mathcad, PC ANSYS Workbench 14.5, etc.) are used for this purpose. Each of the used software systems has its own principles for welded truss SSS modelling and degree of approximation to the real structure operation. Application of these software products allows to reduce significantly the duration of design documentation development, minimizes the subjective factors influence on the calculation results.

As a rule, these software systems are based on finite element analysis systems, and provide an opportunity to carry out structure strength calculations at the design stage, defining SSS parameters of the welded truss structure elements. With reference to this, the optimal cross-section of rod elements and welds for their joining are selected, thereby ensuring the design strength, rigidity, reliability and durability of the whole truss.

The results of welded truss calculations using PC ANSYS Workbench 14.5 [1–5] are the basis of the described investigations. These investigations are carried out for physical models of welded trusses, which limits the use of the obtained results for full-scale structures. However, such approach to investigations made it possible for the authors to carry out semi-field tests combining them with computer modelling experiment and to verify the obtained results [2]. On the basis of verification, satisfactory coincidence of the calculated and actual SSS indicators is determined. This, in turn, makes it possible to carry out a computer modelling experiment of full-scale trusses using the same methods with the parameters of finite-element models adopted in previous investigations.

The objective of the paper is to determine SSS indices along the bottom chord of 18,000x3600 mm rectangular full-scale welded truss under external static loads identifying the secondary truss operation.

Statement of the problem. In order to achieve the set goal, it was necessary to carry out computer simulation experiment using the ANSYS Workbench 14.5 software complex for welded rectangular full-scale truss made of steel rolled-on angle under the external static loads action.

The objective of the investigation is to determine SSS indices of the bottom chord of this truss.

Results of the investigation. Rectangular 18,000x3600 mm truss with triangular girder made of 100x100x10 mm angle (Fig. 1) without plate use is accepted for the investigation. Structurally, the truss with 18,000x3600 mm dimensions is made of 100x100x10 mm rolled-on angle of steel VSt3ps. The design of nodes is adopted without hitch plates. All welded seams are made by semi-automatic arc welding with direct current by Sv-08G2S wire electrode 1.2 mm in the diameter in CO₂ environment with observance of standard technologies compliance. Operating welding current is 200 A

Characteristics of mechanical properties of VSt3ps steel while stretching were obtained in previous investigations by the authors as the results of a series of field experiments for the statistical sample [6], that is tensile strength (sampling mean) for the main material $\bar{\sigma}_s = 380$ MPa, for the weld seam $\bar{\sigma}_s = 283$ MPa, sampling means of yield strength $\bar{\sigma}_T = 273$ MPa, tensile strength $\bar{\sigma}_s = 360$ MPa. These indicators are introduced as input information base during computer modelling experiment.

The structure load scheme corresponding to the operating mode for secondary truss with distance between axes of the support pillars 18 m and distance between hitches 6 m (Fig. 1) is chosen.

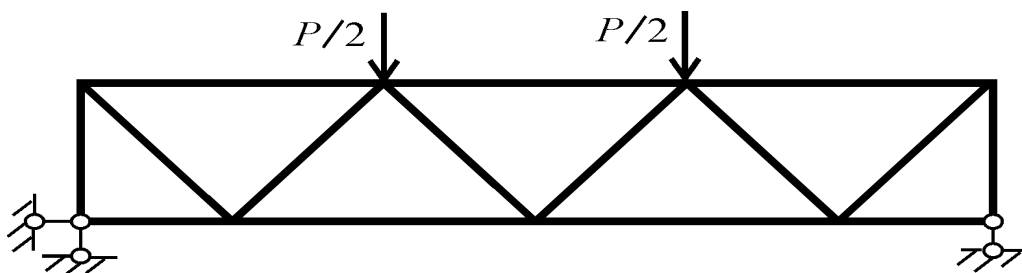


Figure 1. Structural design of welded truss and the scheme of its loading

The research of SSS in the bottom chord of the welded secondary truss under the action of static loads is carried out by computer simulation experiment using ANSYS Workbench 14 software package application which is algorithmically based on the finite element method. The objective of finite-element analysis is to find the system response to the given external influence.

Its geometric and finite-element network model (Figure 2) is developed in ANSYS Workbench 14.5 software complex in order to model the behaviour of secondary truss:

- CAD geometric model together with the given loadings is formalized physical model (Fig. 2, a);
- CEA finite element network is mathematical representation of CAD geometric model; this is the calculation model (Fig. 2, b);
- the calculations accuracy is determined by physical model assumption and grid density.

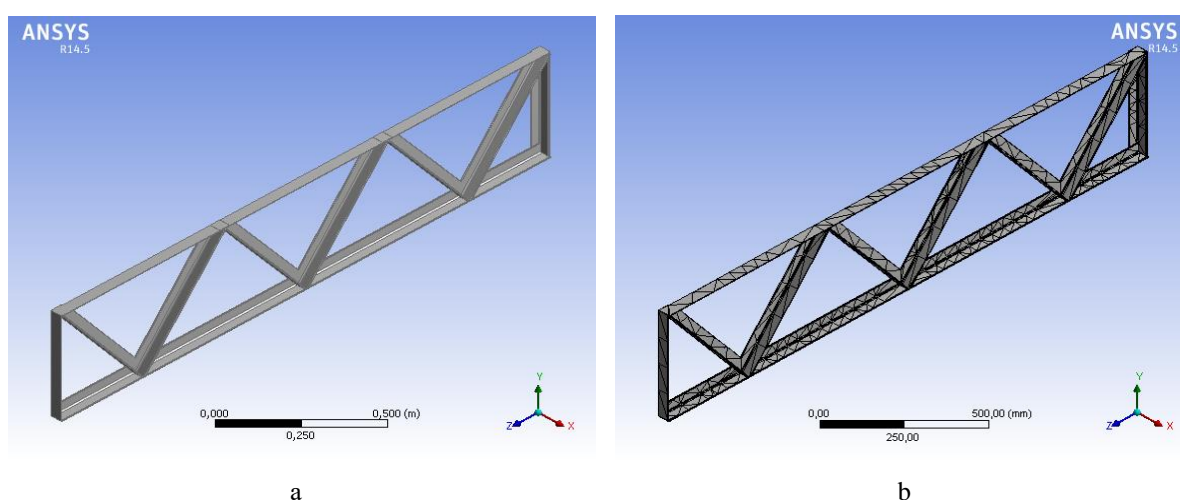


Figure 2. Truss with dimensions of 18000x3600 mm:

a) CAD is a geometrical model of the truss; b) CAE is a complete-element net model of the truss

According to the results of computer simulation experiment, the value of the longitudinal deformation along the truss bottom chord at different levels of external loads on the structure was obtained. The obtained results are visualized on the diagram of extension along the truss bottom chord (Fig. 3). A similar methodological approach of investigations is implemented in order to determine the deflection along the truss bottom chord (Fig. 4) and stresses along the bottom chord (Fig. 5). Areas with maximum stresses in the truss bottom chord determining the supporting ability of the structure as a whole are obvious.

According to the obtained diagram of the truss deflection under different external loads (Fig. 6), the boundary loads for the structure elastic strain were found.

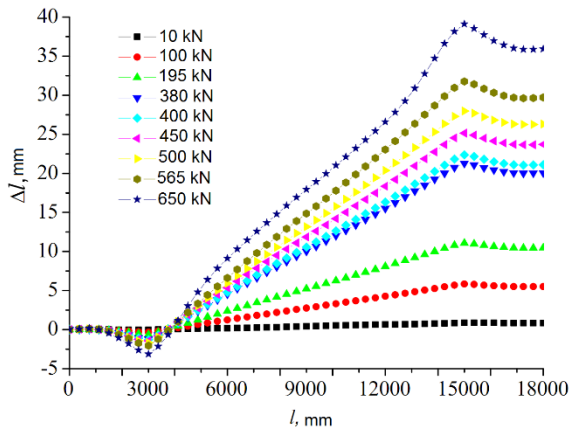


Figure 3. Load-extensions along the bottom chord for different loading levels

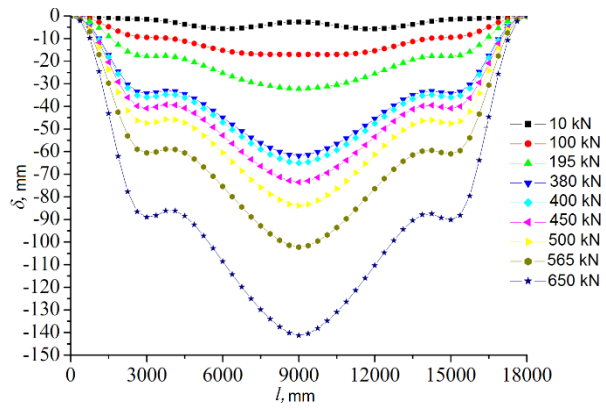


Figure 4. Deflection along the bottom chord of the truss for different loading levels

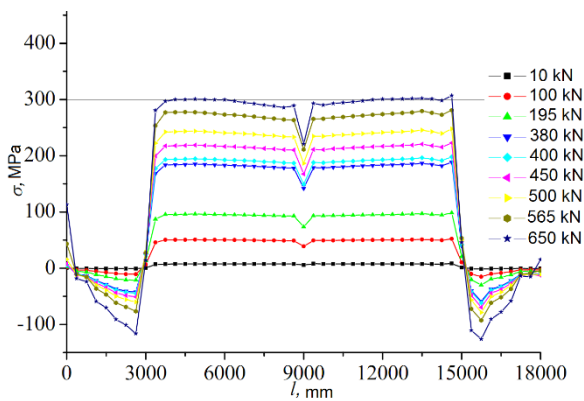


Figure 5. Stresses along the bottom chord of the truss for different loading levels

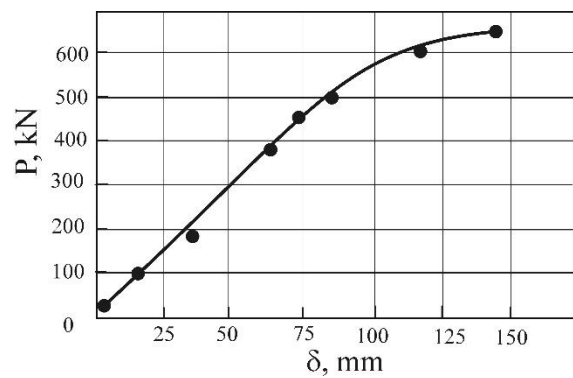


Figure 6. Chart of deflection of the truss for different external loadings

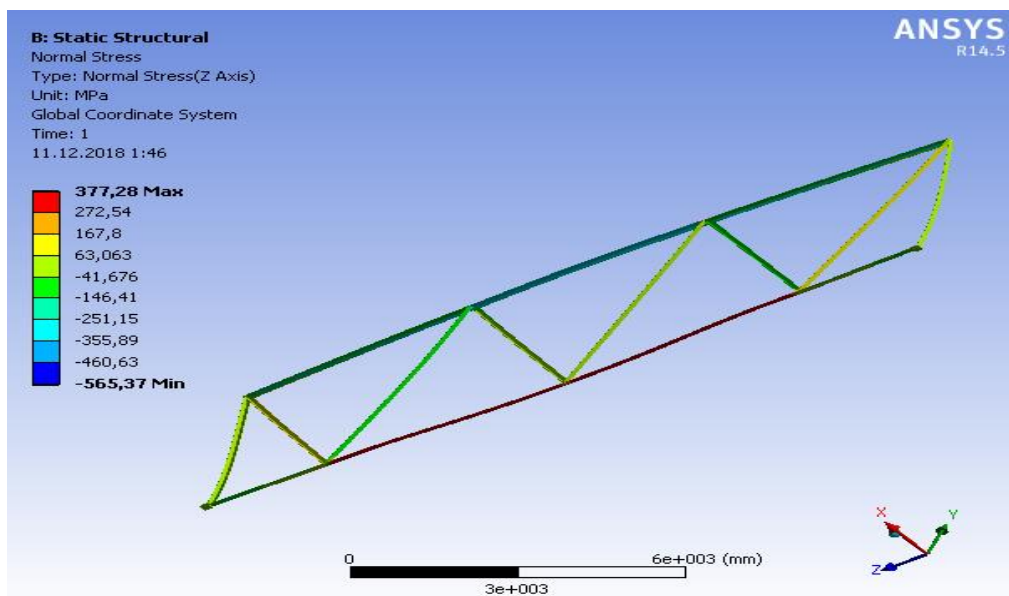


Figure 7. Visualization of truss deformation on the limit state level loadings

Thus, according to the results of computer simulation experiment, quantitative and qualitative pattern of full-scale welded secondary truss behaviour under the action of static loads of different levels was defined.

According to the results of computer simulation experiment the loss of truss supporting ability occurred at $P_{max}= 620$ kN load, the truss plastic strain was observed at 498 kN load.

It is obvious from Fig. 5 that the maximum stresses are localized in the central part of the truss bottom chord. Therefore, in order to increase the bearing capacity of the investigated secondary truss structure and its reliability it is efficient to strengthen this particular area of the bottom chord.

Conclusions. In order to prevent accidents and fractures of welded secondary trusses, designed or operated ones, it is necessary to have information about the indices of stress-strain state in structure elements at various degrees of external load influences. The investigation was carried out using computer simulation the ANSYS Workbench 14.5 software complex. The stresses and deformations values along the bottom chord of the welded secondary truss and the place of their peak values formation are determined. Locations in structural elements that determine the supporting ability of truss as a whole are detected. According to the calculation results, it is possible to increase the structure bearing capacity by local strengthening of the truss bottom chord between the lateral nodes. The described modelling technique can be used for check calculations of operating trusses and prevention of boundary condition under the influence of possible load influences.

References

1. Kovalchuk Ya. O., Shynhera N. Ya., Rybachok O. I. Deformuvannya zvarnoyi budivelnoyi fermi pry statychnykh navantazhennyah. *Vishyk TNTU im. Ivana Pulya*. № 1. P. 28–34.
2. Yasniy P. V., Kovalchuk Ya. O., Shynhera N. Ya., Rybachok O. I. Verificatsiya resultativ modelyuvannya napruzhenno-deformovanoho stany zvarnoyi fermi. *Mehanika i fizyka ruynuvannay budivelnih materialiv ta konstruktsiy: zb. nauk. statei / za zag. red. Luchka Y. Y. Lviv: Kameniar, 2014. Vyp. 10. P. 461–471.*
3. Kovalchuk Ya. O., Shynhera N. Ya., Rybachok O. I. Modeliuvannya napruzhenno-deformovanoho stanu nyzhnoho poiasa budivelnoi zvarnoi fermi. *Visnyk TNTU im. Ivana Puliuia*. 2014. № 2. P. 34–39.
4. Kovalchuk Ya. O., Shynhera N. Ya., Kachka O. I. Modeliuvannya napruzhenno-deformovanoho stanu krokvianoï fermi: III nauk.-tekhn. konf. mekh. – tekhn. f-tu Ternopilskoho nats. tekhn. un-tu im. I. Puliuia, “Prohresyvni materialy ta tekhnolohii v mashynobuduvanni, budivnytstvi ta transporti” (21 trav. 2015 r.): tezy dop. Ternopil, 2015. P. 17.
5. Shynhera N. Ya. Statystychna model dlia vyznachennia zalyshkovoho resursu typovoi zvarnoi fermi pry tsyklichnykh navantazhenniakh: matematychno modeliuvannya ta obchysliuvalni metody: dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. tekhn. nauk: 01. 05.02. Ternopil, 2012. 166 s.
6. Shynhera N., Kovalchuk Ya. Statystychna otsinka vlastyvostei stali VStZps na diliantsi termichnoho vplyvu vid zvarnogo shva: XIV nauk. konf. Ternopilskoho nats. tekhn. un-tu im. I Puliuia (27–28 zhovt. 2010 r.): tezy dop. Ternopil, 2010. P. 59.

Список використаної літератури

1. Ковальчук Я. О., Шингера Н. Я., Рибачок О. І. Деформування зварної будівельної ферми при статичних навантаженнях. *Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя*. 2014. № 1. С. 28–34.
2. Ясній П. В., Ковальчук Я. О., Шингера Н. Я., Рибачок О. І. Верифікація результатів моделювання напружено-деформованого стану зварної ферми: механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій: зб. наук. статей / за заг. ред. Лучка Й. Й. Львів: Каменяр, 2014. Вип. 10. С. 461–471.
3. Ковальчук Я. О., Шингера Н. Я., Рибачок О. І. Моделювання напружено-деформованого стану нижнього пояса будівельної зварної ферми. *Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя*. 2014. № 2. С. 34–39.

4. Ковальчук Я. О., Шингера Н. Я., Качка О. І. Моделювання напружено-деформованого стану кроквяної ферми: III наук.-техн. конф. мех.-техн. ф-ту Тернопільського нац. тех. ун-ту ім. І. Пулюя, «Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорті» (21 трав. 2015 р.): тези доп. Тернопіль, 2015. С. 17.
5. Шингера Н. Я. Статистична модель для визначення залишкового ресурсу типової зварної ферми при циклічних навантаженнях: математичне моделювання та обчислювальні методи: дис. ... канд. техн. наук: 01.05.02. Тернопіль, 2012. 166 с.
6. Шингера Н., Ковальчук Я. Статистична оцінка властивостей сталі ВСтЗпс на ділянці термічного впливу від зварного шва: XIV наук. конф. Тернопільського нац. тех. ун-ту ім. І. Пулюя (27–28 жовт. 2010 р.): тези доп. Тернопіль, 2010. С. 59.

УДК 621.177; 621.314

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН НИЖНЬОГО ПОЯСА ПІДКРОКВЯНОЇ ЗВАРНОЇ ФЕРМИ

Ярослав Ковальчук; Наталія Шингера; Наталія Черномаз

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Тернопіль, Україна*

Резюме. *Із застосуванням комп'ютерного моделювання в програмному комплексі ANSYS Workbench 14.5, який алгоритмічно базується на методі скінченних елементів, досліджено прямокутну зварну підкроквяну ферму 18000x3600 мм. Ферми такого типу застосовують не лише у промисловому та цивільному будівництві, але й для спорудження інших відповідальних конструкцій, зокрема прогонів мостів. Конструктивно ферма виконана з однорідного сталюгого вальцьованого кутника 100x100x10 мм без застосування вузлових фасонки, що спрощує технологію її отримання, а, отже, і вартість. Зварні шви виконано напівавтоматичним електродуговим зварюванням за стандартизованими методиками. Повномасштабну зварну ферму досліджено при дії зовнішнього статичного навантаження різної інтенсивності зосереджено на два вузли верхнього пояса, що відповідає реальним умовам експлуатаційних впливів на конструкцію. За результатами комп'ютерного моделюючого експерименту отримано чисельну базу, яку візуалізовано й наведено в роботі у графічному вигляді. Виявлено величини напружень та деформацій уздовж нижнього пояса конструкції та місця формування їх пікових значень. Визначено граничні зовнішні навантаження на досліджувану конструкцію, які формують завершення умов пружної деформації елементів ферми та навантаження на рівні граничного стану. Виявлено місця на нижньому поясі конструкції, які визначають тримкість ферми в цілому. За результатами досліджень очевидними є ділянки нижнього пояса ферми між боковими вузлами, які підлягають локальному підсиленню. Таке підсилення зумовить підвищення загальної несучої здатності ферми без зміни інших її конструктивних елементів. Описана методика дослідження може бути використана як при проектуванні нових ферм, так і для перевірювальних розрахунків уже існуючих ферм. Такий методичний підхід дасть можливість попередити настання граничного стану конструкції при дії можливих силових впливів упродовж експлуатації ферми.*

Ключові слова: *зварна ферма, напружено-деформівний стан, тримкість.*

https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2019.01.041

Отримано 08.04.2019