КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 621.874

РОЗРАХУНОК НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРОСТОРОВОЇ СТРИЖНЕВОЇ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЇ

О.В. Ярижко, доц., к.т.н., К.М. Полянський, магістр,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
Н.П. Пенкіна, ст. викл., Харківський автомобільно-дорожній технікум

Анотація. *Наведено приклад створення й аналізу просторової стрижневої конструкції секції основної балки будівельного підйомника за допомогою САПР Autodesk Inventor. Обґрунтовано вибір виду поперечного перерізу стрижнів секції та наведено результати аналізу їх напружено-деформованого стану.*

Ключові слова: *будівельний підйомник, стрижнева конструкція, Inventor, генератор рам, напружено-деформований стан.*

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТЕРЖНЕВОЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ

А.В. Ярыжко, доц., к.т.н., К.М. Полянский, магистр,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
Н.П. Пенкина, ст. преп., Харьковский автомобильно-дорожный техникум

Аннотация. *Приведен пример создания и анализа пространственной стержневой конструкции секции основной балки строительного подъемника с помощью САПР Autodesk Inventor. Обоснован выбор вида поперечного сечения стержней секции и приведены результаты анализа их напряженно-деформированного состояния.*

Ключевые слова: *строительный подъемник, стержневая конструкция, Inventor, генератор рам, напряженно-деформированное состояние.*

CALCULATION OF STRESS-STRAIN STATE SPATIAL ROD METAL CONSTRUCTIONS

A. Yaryzhko, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Eng.), K. Polanski, Master,
Kharkiv National Automobile and Highway University,
N. Penkina, senior Lecturer, Kharkiv Automobile and Road Technical School

Abstract. *An example of creation and analysis of spatial rod construction section of the main beams construction elevators using CAD Autodesk Inventor. The choice of the type of cross-section section of the rods and the results of the analysis of stress-strain state.*

Key words: *construction elevators, rod design, Inventor, frame generator, stress-strain state.*

Вступ

Підвищення якості створюваного механічного устаткування і конструкцій необхідно пов'язувати, перш за все, зі зменшенням їх ваги і вартості, підвищенням надійності й поліпшенням ряду інших характеристик. У наш час є актуальною проблема поєднання у

процесі проектування двох взаємовиключних тенденцій: економії матеріалу, з одного боку, і забезпечення необхідних міцнісних характеристик конструкцій – іншого [1].

Усе це можна забезпечити за рахунок використання комп'ютерних технологій. Сьогодні не можна створити якісне, надійне і конкурентоспроможне устаткування без усебічного інженерного аналізу проектованих об'єктів за допомогою сучасних програмних засобів і ухвалення на його основі грамотних конструктивних рішень. Під інженерним аналізом розуміється, перш за все, дослідження напружено-деформованого стану моделей проектованих конструкцій, отримання їх динамічних характеристик і характеристик стійкості при постійних і змінних режимах зовнішнього навантаження.

Аналіз публікацій

Проектування просторових рам (стрижневих систем) з використанням сучасних комп'ютерних технологій дозволяє скоротити час, підвищити точність і створити комп'ютерну модель для проведення аналізу механічних навантажень. Проектування рам можна здійснювати у різних CAD системах. Цю задачу зручніше вирішити за допомогою САПР Autodesk Inventor, яка дозволяє створити параметричну тривимірну модель просторової рами в розділі «Проектування рам» [2, 3]. Параметризація дозволяє провести аналіз створеної моделі для різноманітних профілів елементів конструкції.

Мета і постановка завдання

Метою нашої роботи є розгляд технології створення тривимірної параметричної каркасно-векторної моделі секції основної балки (рис. 1), що має вигляд просторової трикутної ферми, й аналіз створеної моделі рами. Така конструкція є частиною більшої конструкції приставного фасадного підйомника [4].

Для порівняльного аналізу були обрані розміри поясів і розкосів, наведених у табл. 1, відповідно до схеми на рис. 2. Побудова стрижневої конструкції проводилася у програмному комплексі Autodesk Inventor. Програма дозволяє здійснювати статичний розрахунок і розрахунок на стійкість, а також будувати тривимірні карти переміщень і напруги, що дає можливість виявляти сильні і слабкі сторони кожної конструкції.

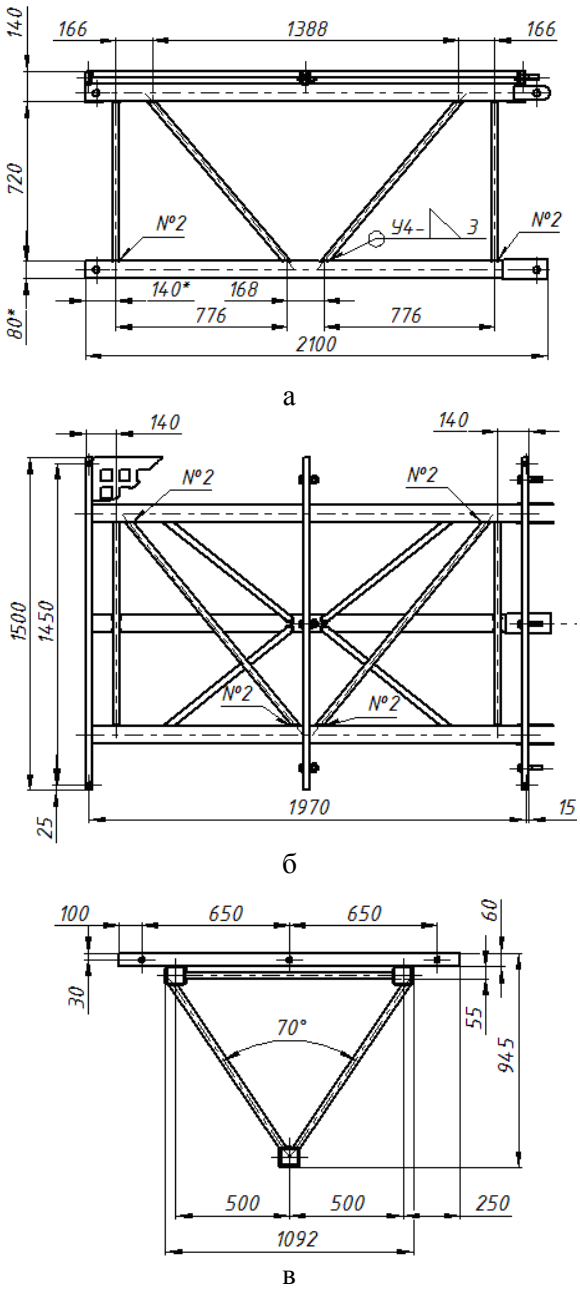

Рис. 1. Конструкція секції основної балки: а – вигляд спереду; б – вигляд зверху; в – вигляд збоку

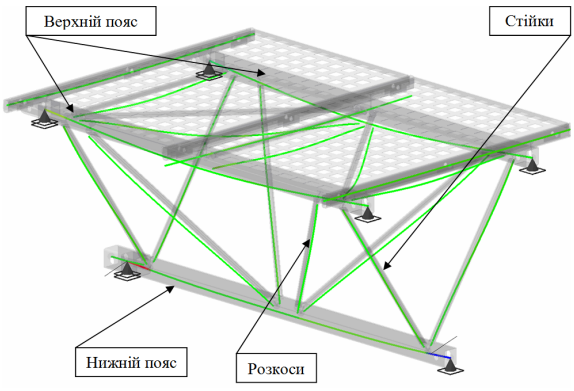

Рис. 2. Схема поясів і розкосів ферми

Таблиця 1 Характеристики поперечного перерізу стержнів металоконструкцій

Найменування секції	Металоконструкція з профілю	Металоконструкція з труб	Металоконструкція з куточків	Комбінована металоконструкція
Верхній та нижній пояси	Труба 100x100x4 ГОСТ 30245-2003	Труба 80x4 ГОСТ 8734-75	Уголок 70x70x7 ГОСТ 8509-93	Труба 80x80x4 ГОСТ 8639-82
Стійки та розкоси	Труба 40x40x4 ГОСТ 30245-2003	Труба 30x4 ГОСТ 8734-75	Уголок 30x30x3 ГОСТ 8509-93	Труба 30x4 ГОСТ 8734-75
Вага металоконструкції	202 кг	154 кг	143 кг	185 кг
Максимальна напруга	55,24 МПа	173,2 МПа	302,9 МПа	142,8 МПа
Максимальна деформація	1,83 мм	6,36 мм	13,2 мм	4,35 мм

Як навантаження на ферму було взято величину максимальної вантажопідйомності (2000 кг), що є рівномірно розподіленою по верхніх стрижнях. Як опори було взято шарнірне спирання та рухомий шарнір (рис. 3).

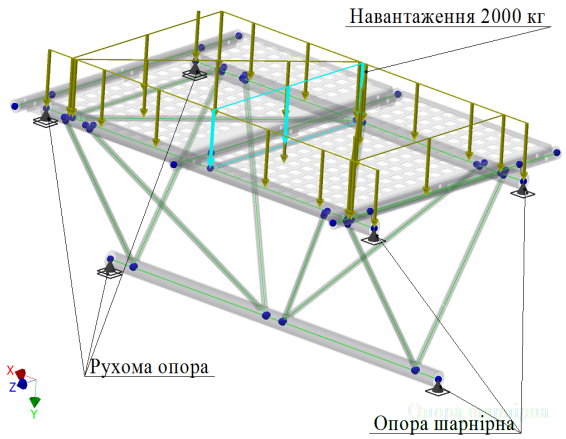

Рис. 3. Параметри навантаження

Фізичні характеристики матеріалу металоконструкції наведені у табл. 2. Для аналізу конструкції у програмі передбачено достатню кількість видів розрахунків. Для цього завдання буде проведено статичний.

Таблиця 2 Властивості матеріалу

Сталь	вуглецева
Масова щільність	7860 кг/м^3
Межа текучості	207,000 МПа
Остаточна межа міцності розтягування	345,000 МПа
Модуль Юнга	220,000 ГПа
Коефіцієнт Пуассона	0,275

Оцінка конструкції здійснюється за декількома картами результатів, які видає програма, – максимальних значень елементарних переміщень і поворотів балок. Така оцінка дозволяє не тільки дійти висновку про надійність системи, але і визначити місця критичної напруги в балках, а значить, сказати, де каркас «зламається». Додатково можна дізнатися про реакцію в кожній з опор і сказати, яка з них, при такому характері навантаження, не витримає. Також будуть важливими дані про витрати матеріалу на ферму – за ними можна судити про вигідність конструкції. Далі наведено дані для аналізу конструкції за робочого навантаження (карти результатів подано в ізометричному вигляді (рис. 4–7).

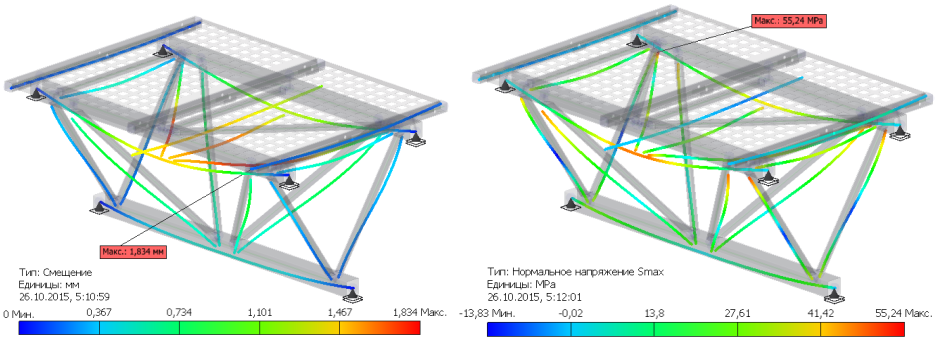

Рис. 4. Розподіл переміщення та напруги у стрижнях металоконструкції з профілю

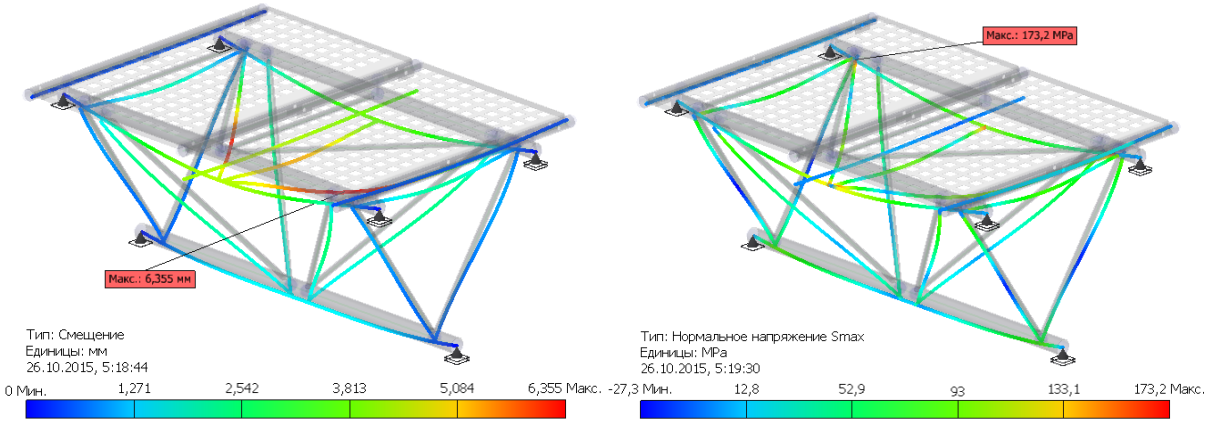

Рис. 5. Розподіл переміщення та напруги у стрижнях металоконструкції з труб

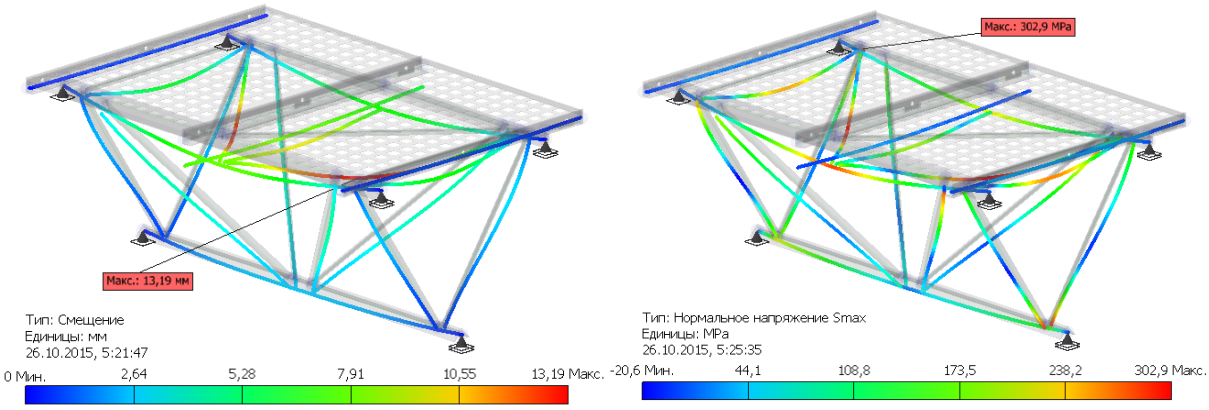

Рис. 6. Розподіл переміщення та напруги у стрижнях металоконструкції з куточків

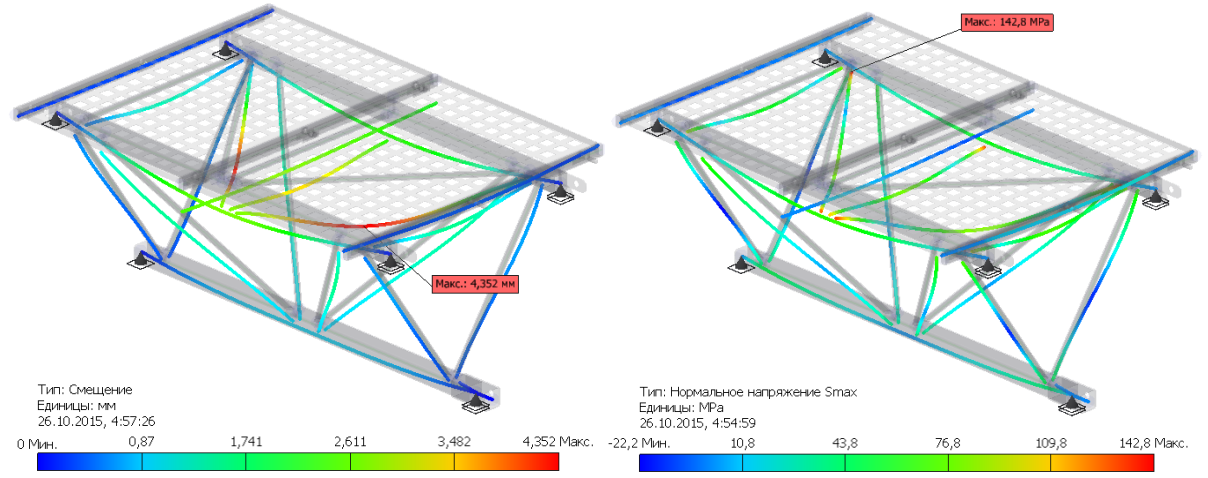

Рис. 7. Розподіл переміщення та напруги у стрижнях комбінованої металоконструкції

Аналіз наведених результатів симуляції та даних табл. 1 показав, що мінімальну вагу мають металоконструкція з труб та комбінована металоконструкція. При цьому максимальні напруження у стрижнях не перевищують допустимих напружень (межа текучості). Мінімальний коефіцієнт запасу міцності дорівнює 1,45. Однак більш раціональною, з точки зору технології виготовлення, є комбінована металоконструкція, оскільки вона потребує меншого обсягу попередньої металообробки під час виготовлення. Крім того, най-

більший прогин цієї конструкції – 4,352 мм, що не перевищує допустимого відповідно до ДСТУ Б В.1.2-3 2006 «Прогини та переміщення».

Висновки

У роботі розглянуто загальний підхід до створення та аналізу моделі секції основної балки. Запропоновано технологію створення тривимірної параметричної каркасно-векторної моделі у САПР Autodesk Inventor. З використанням створеної комп'ютерної моделі проведено аналіз моделі просторової рами за допомогою методу скінченних елементів.

Запропонована методика дозволяє створити основу для розробки комп'ютерної програми вибору найбільш оптимального варіанта конструкції просторової рами основної балки, що є завданням подальших досліджень.

Література

1. Соколов С.А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин: учебное пособие / С.А. Соколов. – С.Пб.: Политехника, 2005. – 423 с.
2. Том Трембли. Autodesk Inventor 2013 и Inventor LT 2013. Основы: официальный учебный курс / Том Трембли. – М.: ДМК-Пресс, 2013. – 348 с.
3. Curtis Waguespack. Mastering Autodesk Inventor 2014 and Autodesk Inventor LT 2014 / Curtis Waguespack. – Sybex, 2013. – 1032 p.
4. Крани будівельні. Технічні характеристики: довідник / М.П. Колісник, А.Ф. Шевченко, В.В. Мелашич, С.В. Ракша. – Дніпропетровськ: Пороги, 2006. – 186 с.

Рецензент: О.В. Черніков, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 20 січня 2016 р.