

Л. В. Коломієць¹, д.т.н., О. М. Лимаренко², к.т.н., О. О. Дашенко², Н.М. Дашенко²

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕЛЕСКОПІЧНОЇ СТРИЛИ АВТОМОБІЛЬНОГО КРАНУ

Підйомно-транспортні машини (ПТМ) є істотною частиною майже кожного виробництва і відіграють велику роль при механізації виробничих процесів і вантажно-розвантажувальних роботах. Очевидно, що процес створення конструкцій ПТМ характеризується великою трудомісткістю та наук місткістю і неможливий без широкого використання систем автоматизованого проектування (САПР), заснованих на застосуванні комп'ютерів і програм призначених для створення, переробки і використання усієї необхідної інформації про властивості виробів і супроводжуваних процесів, тому обраний напрямок наукових досліджень є актуальним.

Ключові слова: *підйомно-транспортні машини, деталь, системи автоматизованого проектування, чисельний метод, метод скінченних елементів, комп'ютерне моделювання.*

Створення високонадійних, продуктивних машин, для яких характерна низька матеріалоемність, без науково обґрунтованих методів розрахунку немислемо. Сучасні, строго математичні розрахунки в значній мірі потіснили інтуїцію при проектуванні. Поштовхом до інтенсивних теоретичних розробок послужив різкий стрибок у розвитку техніки, ускладненням конструкцій та, відповідно, розрахункових схем споруд що проектуються.

ПТМ є складними технічними спорудами, а їх конструкція повинна задовольняти певним, часто суперечливим критеріям - мати велику вантажопідйомність, забезпечувати високі середні швидкості руху, відповідати необхідним характеристикам міцності і жорсткості, а також бути економічною і технологічною.

Одним з найбільш важливих етапів проектування ПТМ є етап формування геометрії конструкції. Значущість його не лише в тому, що на цьому етапі формується концептуальний вигляд майбутнього виробу, але і в тому, що саме на етапі конструювання створюються математично точні геометричні моделі як окремих деталей, так і всієї конструкції.

Питання конструювання і розрахунку металоконструкцій ПТМ докладно розглянуті в роботах відомих механіків і фахівців М.П. Александрова, Д.Н. Решетова, Ф.К. Іванченка, О.І. Дубінца, В.С. Бондарева, М.М. Андрієнка та інш. Запропоновані в цих роботах підходи до розрахунку та конструювання елементів металоконструкції ПТМ базуються на «традиційних» методах, що призводить до перевитрат матеріалу, обваження конструкції, не

рівноміцності відповідальних вузлів, і перепадів жорсткості [1].

Сучасним напрямком при проектуванні і аналізі напружено-деформованого стану металоконструкцій несучих елементів металоконструкції ПТМ є використання систем автоматизованого проектування, методу скінченних елементів, методів числового експерименту та імітаційного моделювання.

Метою роботи є оптимізація параметрів металоконструкції телескопічної стріли автомобільного крану на основі застосування сучасних систем для моделювання і розрахунку.

Вантажопідйомність крану прототипу, згідно документації складала 25-27 тонн для автокранів цього класу. У результаті досвіду експлуатації крану з'явилася необхідність збільшення його вантажопідйомності до 30 тонн. І також розглянути можливість застосування телескопічної стріли з трьох секцій що дозволяє оперативно приводити кран в робочий стан, а ніж у випадку стріли з чотирьох секцій. З метою визначення такої можливості був виконаний розрахунок, який полягає у визначенні коефіцієнтів запасу міцності та жорсткості металоконструкції стріли.

Для аналізу моделей стрілових самохідних кранів на пневмоколовому ході, вантажопідйомністю від 25 до 30 тонн, що випускаються на теренах країн СНД і України, обираємо такі моделі кранів: КС 55713-4 і КС 55713-1 що випускаються Галицьким автомобільним заводом, Одеським заводом Краян – КС 557 Кр, Івановським заводом автомобільних кранів – КС 45717-1.

За результатами проведеного аналізу технічних характеристик автомобільних кранів зупинимося на конструкції стріловидного самохідного крану марки КС 557 Кр на шасі КрАЗ-65101, оскільки виліт його стріли і максимальна вантажопідйомність значно вищі, ніж у інших моделей. Крім того, шасі КрАЗ – 65101 має високу прохідність, що дозволяє експлуатувати цей автокран по усіх видах доріг і місцевості (рис. 1).



Рисунок 1 – Загальний вигляд автомобільного крану КС-557Кр

В основу розрахунку стрілової системи при підвищеній вантажопідйомності покладено оцінку загальної міцності і прогинів.

Аналітичні дослідження напруженого стану стріл, як і інших металоконструкцій, потребують постійного підтвердження натурними випробуваннями або чисельними експериментами, що дозволяє проводити їх подальше вдосконалення аж до завдань оптимізації.

Телескопічна стріла автомобільного крану є консольною стержневою системою ступінчастої жорсткості. Зазвичай секції телескопічних стріл виконують коробчастими стержнями. Вибір геометрії перерізів мотивується можливостями технології виробництва.

У роботі розглядається "чиста стріла" шарнірно зчленована з ходовою рамою і гідроциліндром (поворотна рама показані схематично), оскільки подальше нарощування кінематичної схеми стріловидного устаткування не несе в собі принципових ускладнень, а призводить до збільшення трудомісткості розрахунку.

Розрахунок телескопічної стріли і окремих її елементів виконується з урахуванням різних випадків її вантаження і різних положеннях висувних секцій [2, 3].

З метою скорочення часу на створення стержневого аналога для реалізації методу скінченних елементів на комп'ютері і часу на розрахунок модель дещо спрощена – створені основні несучі складові металоконструкції.

В роботі розглянуто шість варіантів розрахункових схем.

Моделі 1, 3, 5 складаються з 483 вузлів і 264 елементів, моделі 2, 4, 6 складаються з 580 вузлів і 316 елементів. Для моделювання стрілової системи було побудоване і збережене в бібліотеці програми ANSYS 29 поперечних перерізів (15 стандартних, 2 перерізи що забезпечують змінну жорсткість елементів і 12 оригінальних) [4].

З'єднання стріли, гідроциліндра і елементів поворотної рами виконано шарнірно. У ходовій рамі в місцях розташування виносних опор (передня і задня балки) накладені обмеження у вигляді заборони усіх лінійних переміщень [5].

Границя текучості для матеріалу стріли $\sigma_T = 330$ МПа, нормативний запас міцності $n_T = 1,4$ допустиме напруження $[\sigma] = 235$ МПа. Допустимий прогин стріли приймається $[f] \leq 2\%$ від довжини стріли. Модуль пружності матеріалу $E = 2,1$ МПа [6].

При проведенні аналізу напруженого і деформованого стану металоконструкції стріли велика увага приділена найбільш навантаженим ділянкам і ділянкам, що мають мінімальні коефіцієнти запасу міцності за результатами моделювання, а саме – місця з'єднання стріли з гідроциліндром та ходовою рамою, місця з'єднання складових секцій стріли [7].

Результати розрахунку наведені в табл. 1 і на рис. 2 - 4.

Таблиця 1 – Результати статичного розрахунку стріловидної системи

| Розрах. випадок | Вантаж Q, t | Кут нахилу стріли до горизонту, град. | Довжина стріли, м | Еквив. напруження МПа | Коеф. запасу | Еквив. переміщення мм | Коеф. запасу |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|
| 1 | 30 | 62 | 9,7 | 139,7 | 1,68 | 62,8 | 3,2 |
| 2 | 11,3 | 62 | 25 | 117,3 | 2 | 288,84 | 1,73 |
| 3 | 17,9 | 50 | 9,7 | 123,4 | 1,9 | 94,1 | 2,1 |
| 4 | 5,4 | 50 | 25 | 111,6 | 2,1 | 187,4 | 2,7 |
| 5 | 10,0 | 22 | 9,7 | 94,1 | 2,5 | 128,66 | 1,55 |
| 6 | 2,3 | 22 | 25 | 82,5 | 2,85 | 239,7 | 2,1 |

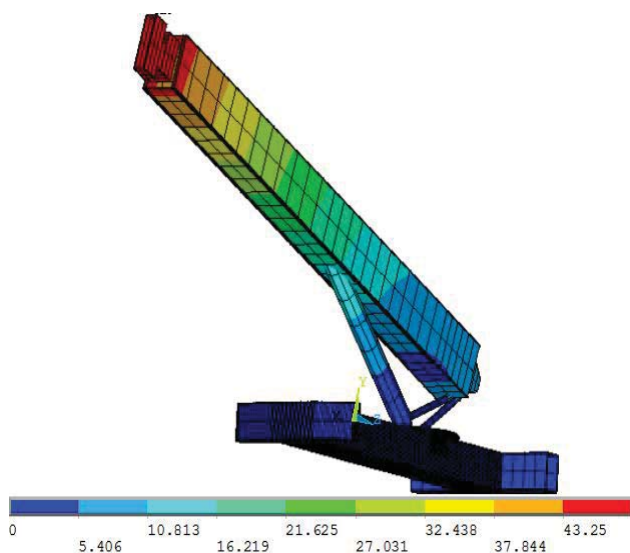


Рисунок 2 – Еквівалентні переміщення в моделі 1

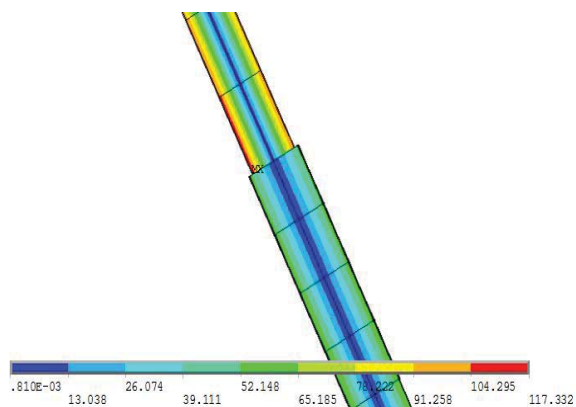


Рисунок 3 – Еквівалентні напруження в моделі 2

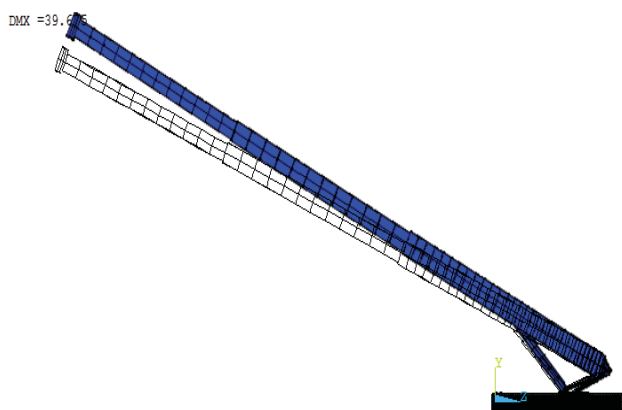


Рисунок 4 – Деформована форма моделі 6

Висновки

На основі створеної моделі та проведених розрахунків із використанням методу скінченних елементів, який реалізовано в програмному комплексі ANSYS, авторами виконано оптимізацію параметрів

металоконструкції телескопічної стріли автомобільного крану моделі КС-557Кр.

В розрахунковій схемі враховані різні умови закріплення й навантаження, які характерні для підйомно-транспортних машин.

Розрахунки міцності і жорсткості елементів металоконструкції телескопічної стріли показали, що напруження і деформації в шести розрахункових випадках не перевищують допустимих значень.

Список використаних джерел

1. Ухов А. В. Расчет и проектирование металлоконструкций мобильных машин и механизмов: монография в 4-х книгах / А. В. Ухов, А. Ф. Дащенко, Л. В. Коломиец. – Одесса: Астропринт, 1998.
2. Справочник по кранам. В 2-х томах / под редакцией А. И. Дукельского. – Л.: Машиностроение, 1971.
3. Андриенко Н. Н. Краны грузоподъемные. Практические расчеты, рекомендации: монография / Н. Н. Андриенко, В. Л. Корень. – Одесса: Экология, 2014. – 274 с.
4. Лимаренко А. М. Оптимизация шатуна автомобильного двигателя / А. М. Лимаренко, А. А. Романов, М. А. Алексеенко // Труды ОНПУ. – 2012. – вып. 2 (39). – С. 98 – 100.
5. Дащенко О. Ф. Розрахунок напружено-деформованного стану станини гідропресу / О. Ф. Дащенко, В. Д. Ковальов, О. М. Лимаренко // Труды ОНПУ. – 2012. – вып. 2 (39). – С. 35 – 43.
6. Калініченко П. М. Напружений стан товстостінного циліндра з концентраторами / П. М. Калініченко, О. М. Лимаренко, Ю. В. Зяблов // Труды ОНПУ. – 2006. – вып. 2 (26). – С. 20 – 23.
7. Лимаренко О. М. Розрахунок телескопічної стріли автомобільного крану / О. М. Лимаренко, О. О. Дащенко, А. С. Лимаренко // Наука і цивілізація – 2015: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Англія, Шеффілд, 2015 р. – Том 24. – С. 69-73.

Надійшла до редакції 13.03.2015

Рецензент: д.т.н., професор Оробей В.Ф., Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса.

Л. В. Коломиєць, д.т.н., А. М. Лимаренко, к.т.н., А. А. Дащенко, Н. Н. Дащенко

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СТРЕЛЫ АВТОМОБИЛЬНОГО КРАНА

Подъемно-транспортные машины (ПТМ) являются существенной составной частью почти каждого производства, а также играют большую роль при механизации производственных процессов и погрузочно-разгрузочных работах. Очевидно, что процесс создания конструкций ПТМ характеризуется большой трудоемкостью и наукоёмкостью и невозможен без широкого применения систем автоматизированного проектирования (САПР), основанных на применении компьютеров и программ, предназначенных для создания, переработки и использования всей необходимой информации про особенности изделий и сопровождающих процессов, поэтому выбранное направление научных исследований является актуальным.

Ключевые слова: подъемно-транспортные машины, деталь, системы автоматизированного проектирования, численный метод, метод конечных элементов, компьютерное моделирование.

L. V. Kolomiets, DSc, A. M. Limarenko, PhD, A. A. Dashchenko, N. N. Dashchenko

COMPUTER MODELING AND NUMERICAL ANALYSIS TELESCOPIC BOOM TRUCK CRANE

Lifting machinery (LM) an essential part of almost every production, but also play a big role in the mechanization of production processes, and loading and unloading. It is clear that the process of creating designs LM is characterized by high complexity and high-tech and impossible without extensive use of computer-aided design (CAD), based on the use of computers and software for creating, processing and use of all necessary information about the features of products and accompanying processes, so the chosen direction research is relevant.

Keywords: lifting machinery, detail, computer-aided design, numerical method, finite element method, computer modeling.

УДК 621.56

В. І. Мілованов, д.т.н., О. Д. Волошин

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

РОЗРОБКА ГЕРМЕТИЧНОГО КОМПРЕСОРА ДЛЯ РОБОТИ В МАЛІЙ ХОЛОДИЛЬНІЙ МАШИНІ НА CO₂

В роботі дана інформація по розробці і дослідженню герметичного поршневого компресора, працюючого на CO₂. Основна увага приділялась конструктивним особливостям та технічним характеристикам малих холодильних компресорів, призначених для роботи на CO₂.

Ключові слова: компресор, холодоагент, діоксид вуглецю, холодильна установка, коефіцієнт подачі, ізоентронний ККД.

Вступ

За останні роки перспективність діоксиду вуглецю (CO₂) як альтернативного холодоагенту суттєво зросла. Діоксид вуглецю - один з небагатьох холодоагентів для холодильних систем, актуальних з точки зору ефективності застосування та безпеки для навколишнього середовища. Застосування фреонів і інших традиційних холодоагентів сьогодні обмежується

різними нормативами, причому в усьому світі спостерігається тенденція до їх посилення цих обмежень. У зв'язку з цим природні альтернативні холодоагенти знаходять все більше застосування. Розглянемо перспективи використання холодоагенту діоксида вуглецю в галузі побутових та торговельних холодильних машин невеликої холодопродуктивності.

Холодоагент CO₂ належить до групи так