

Р. В. Зінько¹
О. З. Горбай¹
А. П. Поляков²
В. В. Попович¹
М. О. Щокін¹

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНЬ В РАМІ АВТОМОБІЛЬНОГО КРАНА

¹Національний університет «Львівська політехніка»

²Вінницький національний технічний університет

Розглядається проблематика автомобільних кранів, зокрема досліджуються питання забезпечення міцності несучої конструкції шасі при різних режимах роботи з урахуванням особливостей технологічного циклу.

У автомобільних кранів опорні навантаження розподіляються нерівномірно. Вони залежать не тільки від маси крану та вантажу, але і від положення поворотної частини крану відносно неповоротної, а також від вильоту стріли. Навантаження на опорну поверхню передаються через виносні опори. При роботі автокрана навантаження на кожному виносному опорі не залишається постійним.

Розрахункові навантаження, а саме – навантаження від кранової установки та вантажу, враховуватимуть різні значення маси вантажу, вильоту та висоти крана. Їх величина та місцезнаходження визначаються згідно з діаграмою вантажопідйомності крану.

На основі аналізу наукових робіт з впливу просідання виносних опор в ґрунт при роботі автомобільних кранів можна стверджувати, що цей фактор є доволі суттєвим і його необхідно також врахувати при розрахунку на міцність автомобільного крана. В процесі роботи стрілового крана ґрунт під виносними опорами піддається циклічному навантаженню. Причому навантаження на кожному із опор неоднакове і змінюється при кожному робочому циклі, при зміні траєкторії і роботі з різними вантажами.

На основі проведеного порівняльного аналізу існуючих аналогів визначено межі варіації основних технічних параметрів для проектування сімейства спеціальних шасі для автокранів. Розрахунковим шляхом були встановлені небезпечні режими роботи автокрана, вплив як основних параметрів, так і зовнішніх факторів на величину та характер навантаження. Результатами розрахунків є епюри повної деформації, еквівалентних напружень та запасу міцності.

На режимі максимальної вантажопідйомності основне навантаження приходить на задню частину рами та задні виносні опори. Режими максимальної та мінімальної висоти не є особливо небезпечними. Крім того, чим більша висота, тим менш небезпечним є високий виліт стріли. Велика вантажопідйомність можлива лише на невеликих вильотах та висотах.

Ключові слова: автомобільний кран, міцність, рама шасі, епюри повної деформації, еквівалентні напруження, запас міцності.

Вступ

Вантажопідйомні машини є істотною складовою частиною більшості виробництв і грають важливу роль в механізації і автоматизації виробничих процесів. Сучасне кранобудування характеризується вдосконаленням конструкцій, застосуванням нових матеріалів, методів і засобів виготовлення та контролю, впровадженням більш досконалих методів розрахунку та, відповідно, зниженням маси кранів, підвищенням їхньої надійності.

Автомобільні крани поступають рядом технічних показників (вантажопідйомності, швидкості пересування тощо) кранам на спеціальному шасі. Пояснюється це тим, що значення технічних параметрів стрілових самохідних кранів багато в чому залежать від конструкції ходового пристрою. Для автомобільних кранів ці значення обмежуються можливостями шасі автомобіля, використаного в якості ходового пристрою. Разом з тим автомобільні крани більш економічні у виробництві і експлуатації, ніж крани на спеціальному шасі.

Проектування шасі під автомобільний кран має певні особливості порівняно з класичним вантажним шасі. Вони полягають у тому, що потрібно також врахувати динамічне навантаження автокрана при його вантажній роботі на різних режимах.

Метою роботи є дослідження міцності несучої конструкції шасі автомобільного крана з урахуванням нетипового прикладання навантажень, пов'язаного з компоновкою крана і особливостями

технологічного процесу, а також з наступною оптимізацією несучої конструкції шасі.

Результати дослідження

Основні технічні характеристики автокранів зведені у таблицю 1 [1–6].

Таблиця 1

Основні параметри автокранів

Параметр	Модель				
	3-вісні шасі, 6×4		4-вісні шасі, 8×4		
	Kato NK-300VR	XCMG QY30K5-1	Liebherr LTF 1045-4.1	Tadano-Faun HK 40	ИВАНОВЕЦ КС-65740-6
Шасі	FAW CA5325JQZ	XCMG	Scania, Volvo, MAN	Mercedes-Benz, MAN, DAF, Iveco, Volvo, Scania	КАМАЗ-6540
Максимальна вантажопідйомність при вильоті стріли	30 т при 3 м	30 т при 3 м	45 т при 2,5 м	40 т при 3 м	40 т при 3 м
Телескопічна стріла	від 10,6 до 34 м	від 10,1 до 38,5 м	від 10,5 до 35 м	від 10,45 до 35,2 м	від 10,1 до 30,3 м
Довжина кронштейна	8,3 м; 13,8 м	8,3 м	9,5 м	9 м	8,3 м
Максимальна висота підйому (з кронштейном)	48 м	48,7 м	44 м	45,5 м	39 м
Максимальний виліт стріли	34 м	34 м	42 м	32 м	34 м
Повна маса	30,9 т	32,4 т	38 т	32 т	27,2 т
Навантаження на осі	6,95/23,95 т	7/25,4 т	9/9/10/10 т	8/8/9,5/9,5 т	12,2/15 т
Двигун	FAW CA6DL1-29E3	SC9DF290Q4	Liebherr 4-Zylinder-Diesel	Mercedes-Benz OM 904 LA	Cummins ISB6.7E5 300
Потужність двигуна	213 кВт	211 кВт	129 кВт (175 к.с.)	88 кВт (118 к.с.)	221 кВт (300 к.с.)
Максимальний крутний момент двигуна	1150 Нм	1200 Нм	815 Нм	470 Нм	1100 Нм

Необхідно створити уніфіковане сімейство 2-, 3- і 4-вісних спеціальних шасі для автомобільних кранів. Як надбудову (технологічне обладнання) взяти кран КТА-18 для шасі 4×2, під кран КТА-32 – 6×4, а під КТА-50 – 8×4 [7].

Схеми варіантів різних типів спроектованих шасі наведено на рис. 1, а їхні технічні характеристики – в таблиці 2.

Таблиця 2

Технічні характеристики спроектованих шасі

Колісна формула	Споряджена маса, кг	Повна маса, кг	Споряджена маса по осям, кг	Допустима маса по осям, кг	Габарити: довжина/ширина/висота, мм
4×2	6200	18000	4300/1900	7500/11500	6390/2490/2900
6×4	8000	26000	4600/1700/1700	7500/9500/9500	8200/2490/2900
8×4	9100	35000	3500/2600/1500/1500	7500/7500/10000/10000	9400/2490/2900

Базовим варіантом є шасі 6×4 із крановою установкою КТА-32 для якого і виконаємо розрахунок на міцність.

Рама 6×4 складається із двох лонжеронів та семи поперечин. Вона виготовлена зварним методом. Лонжерони – прямокутні труби в перерізі 140×80×5 мм, поперечини – труби в перерізі 80×40×3 мм. Рама також має розширення в передній частині. Рама виготовлена із балок коробчастого перерізу, оскільки вони мають низку переваг порівняно з відкритим профілем [7].

До таких переваг відносяться:

1. Вища несуча здатність конструкцій або їх елементів при роботі на згин у двох площинах і на кручення. Матеріал в замкнених перерізах розташовується в основному в периферійних зонах по відношенню до центру тяжіння, що обумовлює збільшення моментів інерції і опору щодо осі Y (із площини елемента) та моменту інерції на кручення.

2. Зважаючи на істотне збільшення (в десятки разів) моменту інерції на кручення в елементах із замкненими перерізами, як правило, відсутня згинально-крутильна форма втрати стійкості.

3. Елементи з замкнутими перерізами більш стійкі при монтажі та менш схильні до механічних пошкоджень під час транспортування.

Замкнені, зокрема коробчасті, перерізи застосовують при необхідності збільшення жорсткості балок в поперечному напрямку, при відсутності поперечних зв'язків, згині в двох площинах, наявності крутильних моментів, при обмеженій висоті і великих поперечних силах.

Наявність двох стінок робить особливо актуальним завдання зменшення їхньої товщини при забезпеченні місцевої стійкості. Конструктивно це досягається або перекрученням стінки, або постановкою різних типів зв'язків між стінками в формі діафрагм, стяжних болтів та ін.

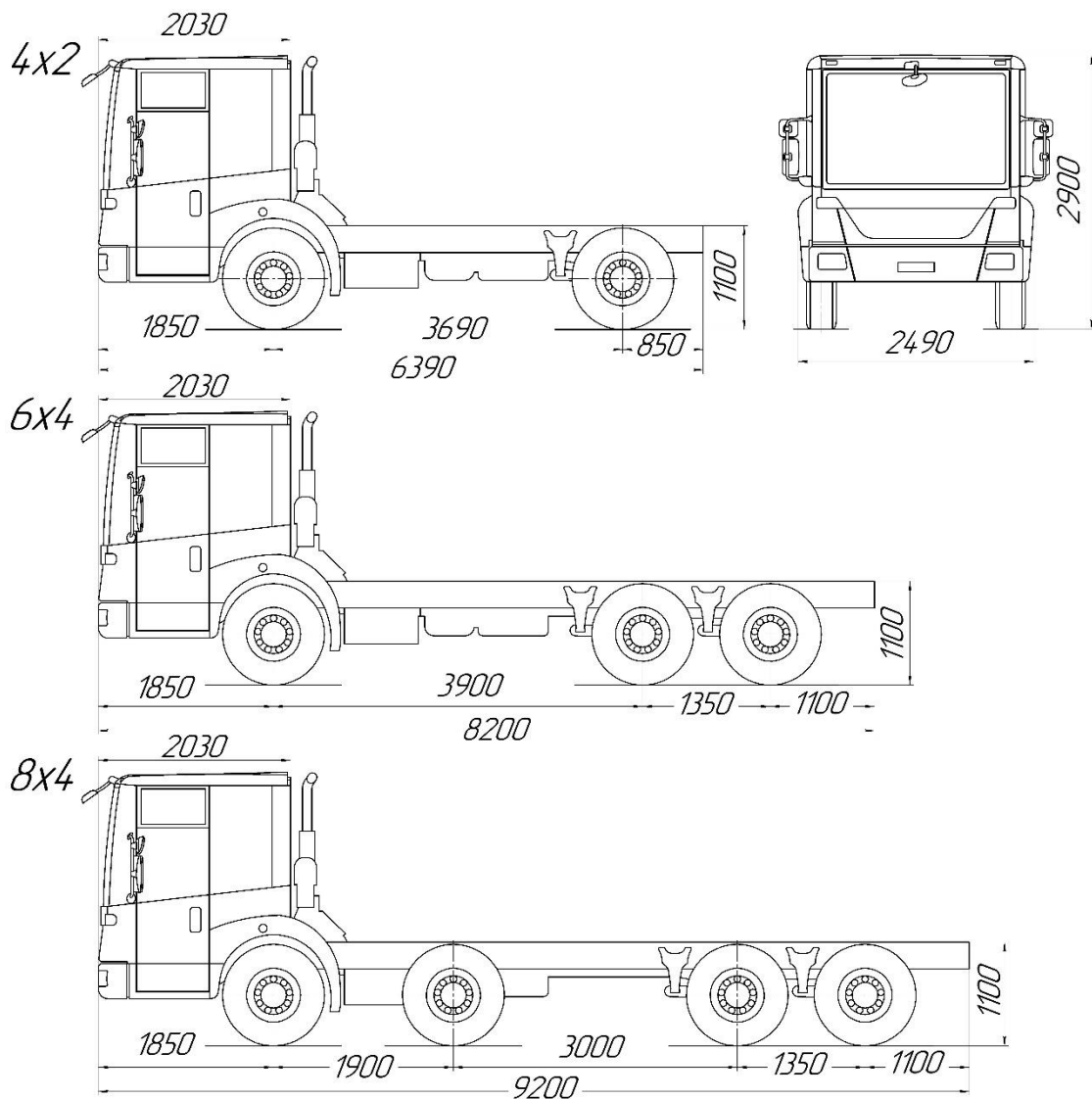


Рис. 1. Схеми варіантів спроектованих шасі

Для забезпечення необхідної міцності при роботі кранової установки на даному транспортному засобі застосовується опорна рама із висувними опорами, які сприймають значну частину

навантаження.

Опорна рама крана є зварною із листів, складається з основи і поперечних балок коробчастого перерізу. У середній частині опорної рами є майданчик з кільцем, до якого кріпиться поворотна опора. У передній частині до рами кріпиться надрамник, на якому встановлено стійку підтримки стріли. Рама кріпиться до лонжеронів шасі за допомогою болтів, для запобігання випадкового зміщення, уздовж шасі на лонжеронах встановлені кронштейни, що закріплені болтами до опорної рами. При роботі рама через поворотну опору сприймає навантаження від поворотної частини крана і через висувні опори передає їх на площину, на якій встановлено кран.

У автомобільних кранів опорні навантаження розподіляються нерівномірно. Вони залежать не тільки від маси крану та вантажу, але і від положення поворотної частини крану відносно неповоротної, а також від вильоту стріли. Навантаження на опорну поверхню передаються через виносні опори. При роботі автокрана навантаження на кожен виносний опору не залишається постійним.

Тому розрахункові навантаження, а саме – навантаження від кранової установки та вантажу, враховуватимуть різні значення маси вантажу, вильоту та висоти крана. Їх величина та місцезнаходження визначаються згідно з діаграмою вантажопідйомності крану.

Прорахувавши характерні точки згідно з діаграмою можна визначити найбільш небезпечне положення при роботі крана. Також доцільно розглянути вплив кута повороту платформи на міцність рами та розподіл навантажень.

Розрахунок є статичним розрахунком на міцність тому, для забезпечення необхідної точності, необхідно врахувати коефіцієнт динамічності, який рівний 2 [9].

Проаналізувавши наукові роботи з впливу просідання виносних опор в ґрунт при роботі автомобільних кранів [10, 11], можна стверджувати, що цей фактор є доволі суттєвим і його необхідно також врахувати при розрахунку на міцність автомобільного крана.

В процесі роботи стрілового крана ґрунт під виносними опорами піддається циклічному навантаженню. Причому навантаження на кожен із опор неоднакове і змінюється при кожному робочому циклі, при зміні траєкторії і роботі з різними вантажами.

Навантаження на ґрунт передаються через гідроциліндри виносних опор, отже, стан ґрунту під опорою визначає положення в просторі площини опорного контуру. Це говорить про те, що кут нахилу крана в процесі роботи буде залежати не тільки від пружності виносних опор, а й від коефіцієнта жорсткості ґрунту під опорою.

При ущільненні ґрунту під опорою сама опора здійснює деяке переміщення, а з огляду на те, що гідроциліндр опори і ґрунт пружні елементи і мають свої жорсткості, то сумарний коефіцієнт жорсткості визначається

$$\frac{1}{C_{\text{опорн}}} = \frac{1}{c_{20}} + \frac{1}{c_{2p}}, \quad (1)$$

$$C_{\text{опорн}} = \frac{c_{20} \cdot c_{2p}}{c_{20} + c_{2p}}, \quad (2)$$

де $C_{\text{опорн}}$ – загальна жорсткість опори; c_{20} – коефіцієнт жорсткості гідравлічної опори; c_{2p} – коефіцієнт жорсткості ґрунту під опорою.

Побудова моделі та її розрахунок виконані з застосуванням комп'ютерної програми Ansys Workbench [8, 12]. Розрахункова модель є стрижневою та включає в себе раму, що складається із двох лонжеронів та семи поперечин, спрощену модель опорної рами із виносними опорами, що містять гідроциліндри вивішування автокрану, а також підкладки, що безпосередньо контактують із ґрунтом. Розрахункова модель рами зображена на рис. 2.

Розрахункова модель має такі закріплення:

- 1) Жорстке закріплення в точках контакту підкладки з ґрунтом. При цьому доданий пружний контактний зв'язок задається величиною 0,2 МПа, що імітує просідання опор у ґрунт.
- 2) Жорстке закріплення задньої здвоєної осі.
- 3) Обмеження переміщення по Y передньої осі (імітація стоянкового гальма).

Навантаження на раму прикладаються як точкові маси, причому задається як положення центру мас, так і стрижні, на які діє конкретне навантаження. В даному розрахунку фігурують два навантаження: кранова установка та корисне навантаження. Крім того враховується сила земного тяжіння та коефіцієнт динамічності $K_d = 2$.

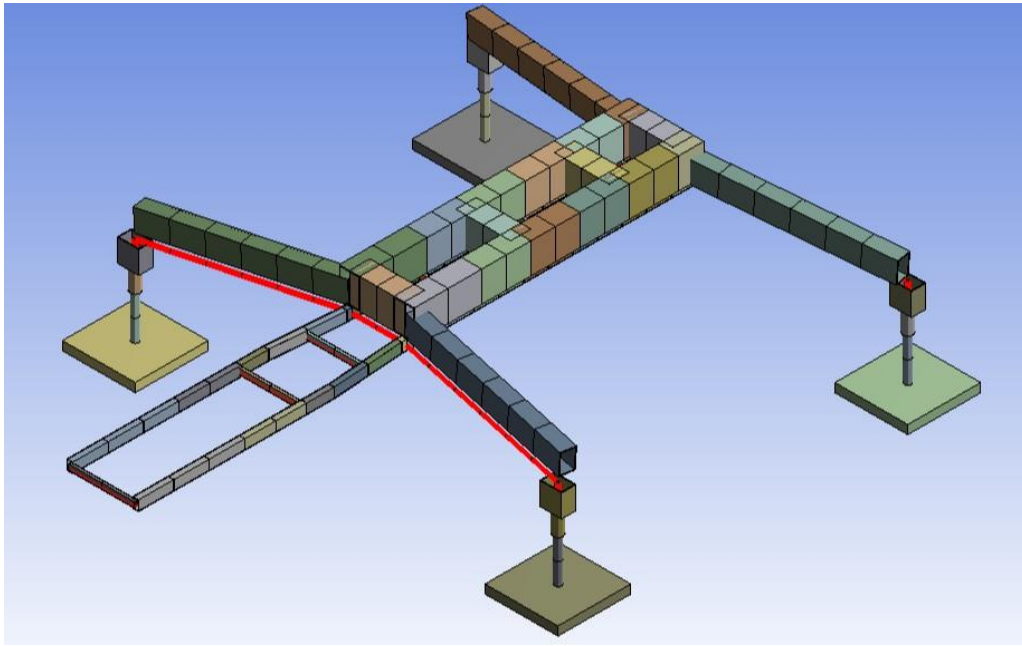


Рис. 2. Розрахункова модель рами 6×4 із опорною рамою та виносними опорами

Маса кранової установки є сталою та складає 17600 кг. Проте місцезнаходження центрів мас кранової установки та вантажу, а також маса вантажу, змінюються відповідно до діаграми вантажопідйомності крану.

На основі створеної моделі виконується розрахунок на міцність. Спочатку виконується розрахунок в режимі максимальної вантажопідйомності. При цьому задаються такі вхідні дані згідно з діаграмою вантажопідйомності: маса вантажу 32 т, висота 10 м та виліт 2,4 м.

Як оціночні параметри міцності рами і для порівняння різних режимів роботи кранового устаткування, використовуються такі показники як повна деформація, еквівалентні напруження та коефіцієнт запасу міцності. Епюри цих показників для першого розрахунку рами шасі наведені на рис. 3.

Результати розрахунку на даному режимі є такими: повна деформація складає 1,25 мм, еквівалентні напруження – 126,77 МПа, а коефіцієнт запасу міцності – 1,97.

На основі отриманих результатів можна зробити такі висновки: запропонована конструкція рами забезпечує необхідну міцність в режимі максимальної вантажопідйомності, при максимально допустимій масі вантажу, мінімальному вильоту та порівняно невеликій висоті основне навантаження приходить на задню частину рами та задні виносні опори.

Наступним етапом розрахунку є режим, при якому виліт є майже максимальним, а висота підйому стріли та маса вантажу є малими. При цьому вхідні дані згідно з діаграмою вантажопідйомності: маса вантажу 0,7 т, висота 5 м та виліт 21 м.

Результатами моделювання є максимальна повна деформація – 2,77 мм, максимальне еквівалентне напруження – 145 МПа, а коефіцієнт запасу міцності – 1,72.

В цьому режимі напруження є значно більшими, ніж на попередньому режимі. Можна стверджувати, що великий виліт стріли на низькій висоті є доволі небезпечним режимом, незважаючи на майже мінімальну масу вантажу. При цьому навантажується як передня, так і задня частина рами, а також всі виносні опори (задні переміщуються донизу, а передні – доверху).

Наступний етап розрахунку – режим, при якому стріла знаходиться на максимальній висоті. Вхідні дані згідно з діаграмою вантажопідйомності: маса вантажу 1,35 т, висота 38 м та виліт 12 м.

Результати розрахунку на даному режимі є такими: повна деформація складає 1,55 мм, еквівалентні напруження – 94,5 МПа, а коефіцієнт запасу міцності – 2,65.

Режим максимальної висоти при середньому вильоту та низькій масі вантажу є менш небезпечним, ніж режими максимальної вантажопідйомності та великого вильоту при низькій висоті. При цьому, як і в попередньому режимі, навантажується як передня, так і задня частини рами та всі виносні опори.

Прораховуємо режим мінімальної маси вантажу, при якому проте висота та виліт є максимальними. Вхідні дані згідно з діаграмою вантажопідйомності: маса вантажу 0,25 т, висота 33 м та виліт 20 м.

Результатом розрахунку є максимальна повна деформація – 2,39 мм, максимальне еквівалентне напруження – 128,02 МПа, а коефіцієнт запасу міцності – 1,95.

Висновок, що максимальні висота та виліт при малій масі вантажу навантажують раму приблизно так само, як і режим максимальної вантажопідйомності (при мінімальних висоті та вильоті). Різниця між цими двома режимами лише в тому, що при максимальних висоті та вильоті з малою масою навантаження розподіляється як на передню, так і на задню частини рами, коли в режимі максимальної вантажопідйомності, як зазначалось вище, все навантаження йде на задню частину.

Наступним досліджуємо режим, при якому виліт є максимальний, висота – середньою, а маса вантажу низькою. При цьому згідно з діаграмою вантажопідйомності: маса вантажу 0,5 т, висота 18 м та виліт 22 м.

Результати розрахунку на даному режимі є такими: повна деформація складає 2,71 мм, еквівалентні напруження – 141,88 МПа, а коефіцієнт запасу міцності – 1,76.

Отже, на даному режимі напруження є значними, але трохи меншими, ніж на режимі максимального вильоту стріли і мінімальної висоти підйому. Тобто чим більша висота, тим менш небезпечним є високий виліт стріли. Розподіл навантаження між частинами рами при даному режимі аналогічний до попередніх трьох режимів.

Наступним етапом розрахунку є режим, при якому висота є мінімальною, виліт та маса вантажу - середні. Вхідні дані згідно з діаграмою вантажопідйомності: маса вантажу 7 т, висота 2,7 м та виліт 8 м.

Максимальна повна деформація складає 1,28 мм, максимальне еквівалентне напруження – 95,75 МПа, а коефіцієнт запасу міцності – 2,61.

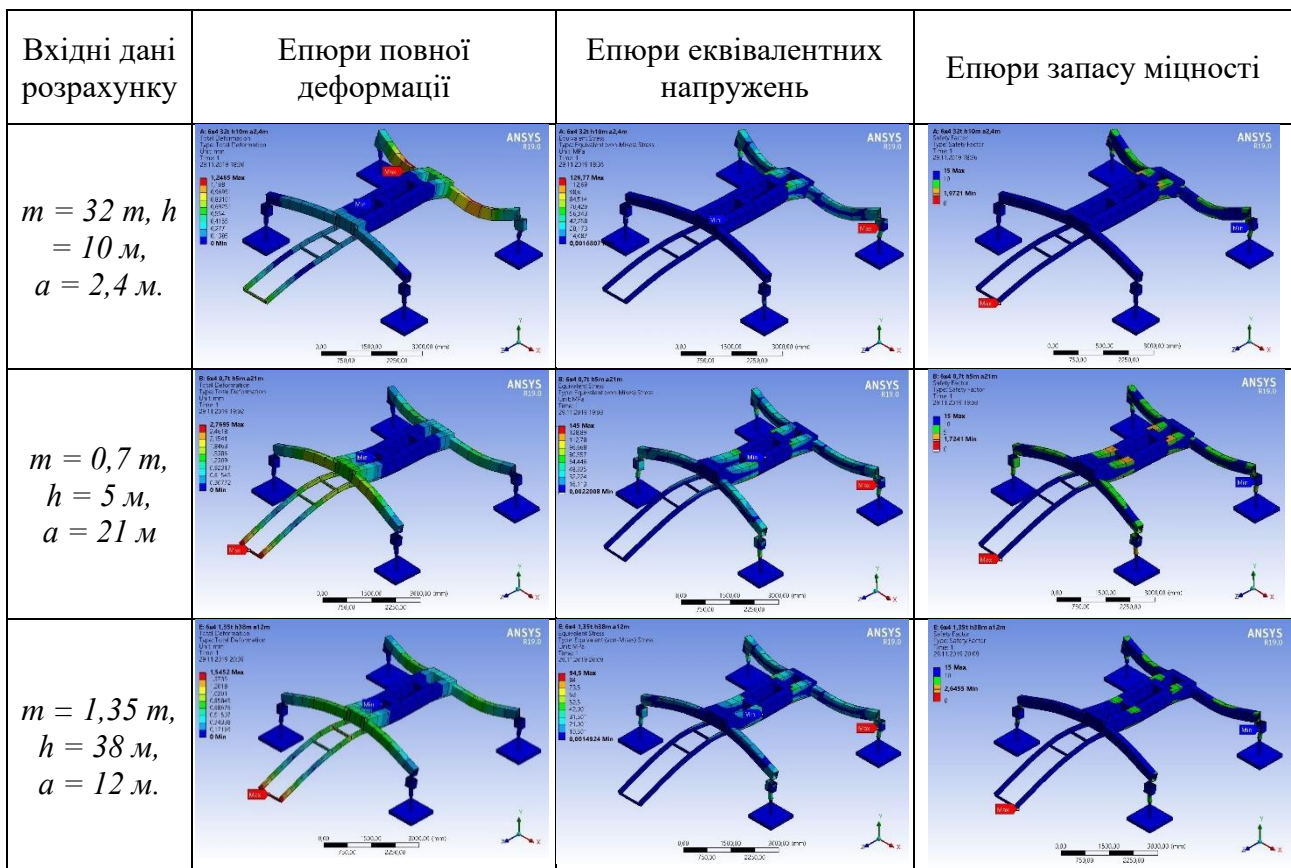


Рис. 3. Епюри навантажень рами шасі в режимі максимальної вантажопідйомності

Результати розрахунку в цьому режимі показують, що даний режим не є небезпечним порівняно з іншими.

Крім наведених вище режимів було прораховано ще два режими. Але оскільки вони мають проміжні значення між характерними точками на діаграмі вантажопідйомності, то вони лише доповнюють картину в цілому. При масі вантажу 12,3 т, висоті 16,6 м та вильоті 4,2 м маємо такі результати: повна деформація складає 0,93 мм, еквівалентні напруження – 92,16 МПа, а коефіцієнт запасу міцності – 2,71. А при масі вантажу 2 т, висоті 3,9 м та вильоті 15 м маємо: повна деформація - 1,98 мм, еквівалентні напруження – 114,24 МПа, а коефіцієнт запасу міцності – 2,19.

Крім цього, розглядавсь вплив кута повороту платформи на міцність рами та розподіл навантажень.

Як показали попередні розрахунки, найнебезпечнішим виявився режим, при якому виліт високий, а висота низька, а саме: маса вантажу 0,7 т, висота 5 м, виліт 21 м. Тому цей режим моделюється з поворотом стріли на 45 та 90 градусів. Решта параметрів будуть такими ж, як і в попередніх розрахунках. Це дозволить побачити вплив саме кута повороту на міцність.

На основі отриманих результатів можна зробити такі висновки. Необхідна міцність рами забезпечується при будь-якому куті повороту. Поворот на 90° практично не впливає на величину напружень, змінюється лише характер розподілу навантаження (наприклад при повороті наліво – ліві передня та задня опори переміщуються донизу, а праві – доверху). При повороті на 45° не лише змінюється характер розподілу навантаження (наприклад при повороті наліво – навантажується лише задня ліва і передня права опори, ліва рухається донизу, права – доверху), а й суттєво зростаються напруження – до 192,34 МПа.

Отже, можна однозначно стверджувати, що найнебезпечнішим режимом роботи крана є режим при повороті на кут 45° із високим вильотом на низькій висоті. Але навіть при цьому забезпечується достатній рівень міцності – 1,30.

Для зручності зведемо результати усіх режимів розрахунку автокрана у таблицю 3.

Таблиця 3

Результати розрахунків рами автокрана

Вхідні параметри				Результати розрахунку		
Маса вантажу, т	Висота підйому стріли, м	Виліт стріли, м	Кут повороту установки, град	Повна деформація, мм	Еквівалентне напруження, МПа	Коефіцієнт запасу міцності
32	10	2,4	0	1,25	126,77	1,97
0,7	5	21	0	2,77	145	1,72
1,35	38	12	0	1,55	94,50	2,65
0,25	33	20	0	2,39	128,02	1,95
0,5	18	22	0	2,71	141,88	1,76
7	2,7	8	0	1,28	95,75	2,61
12,3	16,6	4,2	0	0,93	92,16	2,71
2	3,9	15	0	1,98	114,24	2,19
0,7	5	21	45	2,05	192,34	1,30
0,7	5	21	90	1,53	146,02	1,71

Проаналізувавши дані розрахунків можна зробити такі висновки. Міцність рами забезпечується на всіх режимах роботи крана із наведених вище. Найнебезпечнішим випадком є режим роботи із високим вильотом на низькій висоті, при чому поворот на 45° суттєво збільшує його окрім того. Поворот на 90° змінює лише характер розподілу навантаження. На режимі максимальної вантажопідйомності основне навантаження приходить на задню частину рами та задні виносні опори. Режими максимальної та мінімальної висоти не є особливо небезпечними. Крім того, чим більша висота, тим менш небезпечним є високий виліт стріли. Велика вантажопідйомність можлива лише на невеликих вильотах та висотах.

Висновки

На основі проведеного порівняльного аналізу існуючих аналогів визначено межі варіації основних технічних параметрів для проектування сімейства спеціальних шасі для автокранів КТА. Проаналізовано динаміку навантажень при роботі автокранів та проведено розрахунок на міцність при різних режимах роботи з урахуванням особливостей технологічного циклу.

За допомогою розрахунків були встановлені небезпечні режими роботи автокрана, вплив як основних параметрів, так і зовнішніх факторів на величину та характер навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Автомобильные телескопические краны Liebherr. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.liebherr.com/ru/rus/продукты/мобильные-и-гусеничные-краны/мобильные-краны/автомобильные-краны-с-телескопической-стрелой/ltf-информация.html>
- [2] Unsere aktuellen Angebote. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.tadanofaun.de/de/produkte/lkw-aufbauk-rane/hk-40.html>
- [3] NK-600RX. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.kato-works.co.jp/eng/products/truck/nk600rx.html>
- [4] Автокраны полноприводные. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.xcmg.ru/product/kраны/автокраны-полноприводные/>

- [5] Автокраны «ИВАНОВЕЦ». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ivmarka.ru/kupit-kran-ivanovez-ks-35714>
- [6] ПОДКРАНОВАЯ БАЛКА. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ntengineering.ru/podkranovaya>
- [7] АВТОКРАН КТА-32. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dak.com.ua/product/KTA-32>
- [8] Ansys for Students. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ansys.com/academic/students>
- [9] В. Heißing, M. Ersoy, S. Gies. *Fahrwerkhandbuch: Grundlagen, Fahrdynamik, Komponenten, Systeme, Mechatronik, Perspektiven*. Vieweg+Teubner Verlag; 3., überarb. u. erw. Aufl., 2011.
- [10] А. В. Редькин, П. А. Сорокин, А. В. Чернов, «Расчет нагрузок на опоры крана с учетом характеристик упругости рамы, опорных элементов и грунта», *Изв. Тул. гос. ун-та. Техн. науки*, вып. 2, ч. 1, с. 117–122. 2009.
- [11] Я. С. Ватулин, Д. А. Потахов, Е. А. Потахов, «Численное моделирование предельных состояний стреловых самоходных кранов», *Известия вузов. Машиностроение*, № 4 (697), с. 19-25. 2018.
- [12] С. А. Испеньков, А. А. Ракицкий, «Моделирование динамического поведения карьерных самосвалов особо большой грузоподъемности в среде ANSYS» *Теоретическая и прикладная механика*, вып. 25, с. 295-300. 2010.

Зінко Роман Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілебудування.

Горбай Орест Зенонович – д-р. техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобілебудування.

Попович Віталій Васильович – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілебудування.

Щокін Михайло Олександрович – магістр кафедри автомобілебудування.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів.

Поляков Андрій Павлович – д-р. техн. наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: farv@vntu.edu.ua.

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

R. Zinko¹
O. Gorbay¹
A. Polyakov²
V. Popovich¹
M. Shchokin¹

Research of stresses in the frame of the car crane

¹National University "Lviv Polytechnic"

²Vinnitsia National Technical University

The problem of truck cranes is considered, in particular, the issues of ensuring the strength of the supporting structure of the chassis in different modes of operation, taking into account the peculiarities of the technological cycle.

In truck cranes, the load loads are unevenly distributed. They depend not only on the weight of the crane and the load, but also on the position of the rotating part of the crane relative to the non-rotating, as well as on the departure of the boom. Loads on the support surface are transmitted through the outriggers. During the operation of the truck crane, the load on each remote support does not remain constant.

Estimated loads, namely loads from the crane installation and cargo, will take into account different values of cargo weight, departure and crane height. Their size and location are determined according to the crane capacity diagram.

Based on the analysis of scientific works on the impact of subsidence of outriggers in the ground during the operation of truck cranes, it can be argued that this factor is quite significant and must be taken into account when calculating the strength of the truck crane. Moreover, the load on each of the supports is different and changes with each operating cycle, when changing the trajectory and working with different loads.

Based on the comparative analysis of existing analogues, the limits of variation of the main technical parameters for the design of a family of special chassis for truck cranes are determined. The dangerous modes of operation of the truck crane, the influence of both the main parameters and external factors on the magnitude and nature of the load were calculated. The results of the calculations are plots of complete deformation, equivalent stresses and margin of safety.

In maximum load mode, the main load falls on the rear of the frame and the rear outriggers. Maximum and minimum altitude modes are not particularly dangerous. In addition, the greater the height, the less dangerous is the high flight of the arrow. Large capacity is possible only on small flights and heights.

Key words: truck crane, strength, chassis frame, full deformation plots, equivalent stresses, safety margin.

Zinko Roman – Ph. D. (Eng.), Associate Professor of Automotive Engineering.

Gorbay Orest – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Automotive Engineering.

Polyakov Andriy – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: farv@vntu.edu.ua.

Popovych Vitaliy – Ph. D. (Eng.), Associate Professor of Automotive Engineering.

Shchokin Mykhailo – Master of the Department of Automotive Engineering.

Р. В. Зинько¹
О. З. Горбай¹
А. П. Поляков²
В. В. Попович¹
М. А. Щокин¹

Исследование напряжений в раме автомобильного крана

¹Национальный университет "Львовская политехника"

²Винницкий национальный технический университет

Рассматривается проблематика автомобильных кранов, в частности исследуются вопросы обеспечения прочности несущей конструкции шасси при различных режимах работы с учетом особенностей технологического цикла.

В автомобильных кранах опорные нагрузки распределяются неравномерно. Они зависят не только от массы крана и груза, но и от положения поворотной части крана относительно неповоротной, а также от вылета стрелы. Нагрузка на опорную поверхность передается через выносные опоры. При работе автокрана нагрузка на каждую выносную опору не остается постоянной.

Расчетные нагрузки, а именно - нагрузка от крановой установки и груза, учитывают различные значения массы груза, вылета и высоты крана. Их величина и местонахождение определяются согласно диаграмме грузоподъемности крана.

На основе анализа научных работ по влиянию проседания выносных опор в грунт при работе автомобильных кранов можно утверждать, что этот фактор является достаточно существенным и его необходимо также учесть при расчете на прочность автомобильного крана. В процессе работы стрелового крана почва под выносными опорами подвергается циклической нагрузке. Причем нагрузка на каждую из опор неодинаковая и меняется при каждом рабочем цикле, при изменении траектории и работе с различными грузами.

На основе проведенного сравнительного анализа существующих аналогов определены границы вариации основных технических параметров для проектирования семейства специальных шасси для автокранов. Расчетным путем были установлены опасные режимы работы автокрана, влияние как основных параметров, так и внешних факторов на величину и характер нагрузки. Результатами расчетов являются эпюры полной деформации, эквивалентных напряжений и запаса прочности.

На режиме максимальной грузоподъемности основная нагрузка приходится на заднюю часть рамы и задние выносные опоры. Режимы максимальной и минимальной высоты не является особо опасными. Кроме того, чем больше высота, тем менее опасен высокий вылет стрелы. Большая грузоподъемность возможна только на небольших вылетах и высотах.

Ключевые слова: автомобильный кран, прочность, рама шасси, эпюры полной деформации, эквивалентные напряжения, запас прочности.

***Зинько Роман Владимирович** – канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилестроения.*

***Горбай Орест Зенонович** – д-р. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой автомобилестроения.*

***Поляков Андрей Павлович** – д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, e-mail: farv@vntu.edu.ua.*

***Попович Виталий Васильевич** – канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилестроения.*

***Щокин Михаил Александрович** – магистр кафедры автомобилестроения.*