

## ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.875

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2019.84.0.5

## МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ ТА АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАВЕРСИ ЛИВАРНОГО КРАНА

Сагіров Ю.Г.<sup>1</sup>, Суглобов В.В.<sup>1</sup>, Кухар В.В.<sup>1</sup>,<sup>1</sup>ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь,  
Резніков О.О.<sup>2</sup>, <sup>2</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Анотація.* Проведено моделювання навантаженості під час розгону ливарного крана та аналіз фактичного напружено-деформованого стану елементів траверси з урахуванням теплового впливу та додаткових інерційних навантажень. Об'єктом дослідження є закономірність розподілу напружень в елементах траверси. У статті запропоновано методологію моделювання та аналізу напружено-деформованого стану траверси ливарного крана з урахуванням додаткових навантажень, яка ґрунтується на методах розрахунків на міцність за допустимими напруженнями та методі скінченних елементів. Розроблено розрахункову схему, твердотільно-деформовану модель та виконано розрахунок методом скінченних елементів у CAD/CAE системі.

*Ключові слова:* ливарний кран, траверса, надійність, моделювання, концентрація напружень, закономірність, метод скінченних елементів, межа плинності, дефекти, напружено-деформований стан.

**Вступ**

Ливарні крани тривалий час експлуатуються у важких умовах – дія високих температур, динамічні навантаження, значне забруднення зовнішнього середовища. При цьому значення динамічних навантажень, які виникають під час експлуатації, можуть перевищувати прийняті під час проектування, а несприятливі експлуатаційні умови – не враховуватись зовсім [1].

Ці фактори негативно впливають на надійність та довговічність елементів підвіски, канати, міст крана, механізми та ін., що зменшує надійність крана у цілому. Уточнення методів розрахунків елементів кранів на міцність, розробка нових методологій – важлива науково-технічна задача, вирішення якої дозволить підвищити безпеку експлуатації вантажопідіймальних кранів, зокрема ливарних.

**Аналіз публікацій**

Сучасний стан чорної металургії дозволяє отримати практично безперервний технологічний процес. Його безпечність та безперервність багато в чому забезпечується безвідмовністю роботи комплексу металургійних машин, у тому числі – ливарних кранів. Відомі факти руйнування елементів підвісок, мостів, кранового обладнання. Для усунення дефектів кран виводиться на тривалі ремонти, які лише на час дозволяють позбутися

виниклих ушкоджень. Також зазначено [2], що фактичні значення кутів відхилу канатів під час прискорення/гальмування можуть перевищувати прийняті у процесі проектування, що також впливає на надійність.

Підвищення надійності елементів та ливарного крана в цілому є можливим, зокрема, шляхом уточнення напружено-деформованого стану [1]. Для визначення напружено-деформованого стану, розрахунків на міцність застосовують [3–12] метод скінченних елементів з використанням сучасних CAD/CAE систем.

Аналіз проектних розрахунків показав, що частіше у розрахунковій схемі траверси ливарного крана (рис. 1, а) враховують дію тільки вертикальних зусиль (рис. 1, б). Вважається, що великий запас міцності (наприклад, коефіцієнт запасу міцності у вертикальному листі над гаком дорівнює 5,75, за допустимого 2,3) забезпечить надійність та безпечність під час експлуатації. Однак відомі випадки [1] руйнування цього елемента. Також відомо [13], що за час (3–5 хв) заливки чавуну в конвертер «температура на поверхні металокопункції крана може сягати 500–700 °С».

Все це підтверджує необхідність враховувати динамічні навантаження, горизонтальну силу, що виникає під час прискорення/гальмування крана, та теплові навантаження на траверсу.

### Мета і постановка завдання

Метою даної роботи є моделювання навантаженості під час розгону ливарного крана та аналіз фактичного напружено-деформованого стану елементів траверси, з урахуванням теплового впливу та додаткових інерційних навантажень.

Об'єктом дослідження є закономірність розподілу напружень в елементах траверси.



а

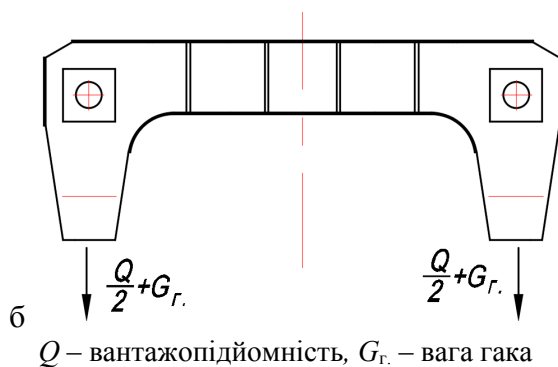


Рис. 1. Траверса ливарного крана: а – загальний вигляд; б – розрахункова схема

Традиційні розрахунки на міцність кранових металоконструкцій та їхніх елементів ґрунтуються на припущенні плоскої схеми їх роботи, тоді як їх елементи працюють як просторові системи. Наприклад, розрахунок моста крана із двома прогоновими балками листової конструкції зазвичай полягає в розрахунку окремих балок з доданими розрахунковими навантаженнями. Вказаний підхід традиційно обумовлений тим, що методи розрахунку розвивалися, спираючись на ручний спосіб обчислення із застосуванням простих рахункових пристроїв і устаткування. У складних випадках важко оцінити точність таких розрахунків без експериментальної перевірки на моделях і виробках [14].

В наш час у зв'язку з розвитком обчислювальної техніки, в тому числі у зв'язку з розробкою спеціальних програм для розрахунку просторових конструкцій, поступово зникає

необхідність у розбивці металоконструкцій на плоскі елементи. Практично всі сучасні розрахунки на міцність проводять використовуючи метод скінченних елементів. В останні десятиліття він зайняв провідне місце і набув широкого застосування. Тому для визначення фактичного напружено-деформованого стану траверси пропонується методологія розрахунку з використанням традиційних інженерних методів та методу скінченних елементів. Як приклад розглянемо ливарний кран вантажопідйомністю 450 тонн. Спочатку розробляється розрахункова схема (рис. 2), з урахуванням діючих навантажень.

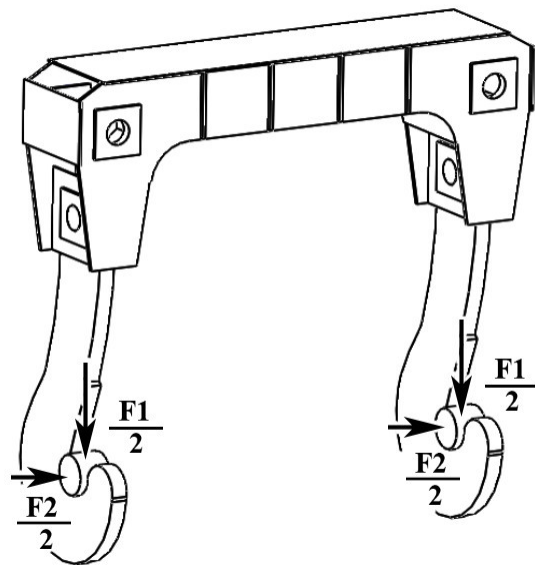


Рис. 2. Розрахункова схема

Для цього зовнішні навантаження, що діють на траверсу, прикладаються до зіву гака. Ці навантаження можна розділити на три види:

1. Навантаження  $F1$  від маси вантажу та вантажопідйомних гаків, яке діє у вертикальній площині

$$F1 = (Q + 2 \cdot G_r) \cdot g = (450 + 2 \cdot 16) \cdot 9,81 \approx 4820 \text{ кН.} \quad (1)$$

2. Навантаження  $F2$ , яке виникає під час прискорення/гальмування та діє у горизонтальній площині [2].

Під час руху крана із прискоренням вантаж відхиляється на кут  $\varphi$  під дією горизонтальної сили [2]

$$H = Q \text{tg}\varphi. \quad (2)$$

Приймаємо, що  $\varphi = 4^\circ$ . Для вантажопідйомності 450 тонн будемо мати

$$H = Q \operatorname{tg} 4^\circ = 450 \cdot 0,07 = 31,5 \text{ тонн. (3)}$$

Вважаємо, що  $F_2 = 315 \text{ кН}$ .

3. Теплове навантаження  $F_3$  на траверсу – вважаємо, що рівномірно нагрітими до температури  $100^\circ\text{C}$  є зовнішні (зі сторони гаків) поверхні траверси. У роботі також розглядалися варіанти: рівномірного нагріву всіх елементів траверси; наявності теплового захисту у траверсі – нагріву піддаються вибірккові поверхні. Було розглянуто також варіант із дією значних ( $400^\circ\text{C}$ ) теплових навантажень.

### Результати моделювання

Метод скінченних елементів реалізовано у CAD / CAE системі. Для чого, згідно із кресленням траверси (рис. 3), було розроблено комп'ютерну 3D модель зі збереженням геометричних параметрів траверси (рис. 4).

З метою розробки моделі, яка у більшій мірі відобразить поведінку реального об'єкта, на траверсі були розміщені гаки, у зіву яких розташовані осі ковша, до яких, у свою чергу, прикладалися сили  $F_1$  та  $F_2$  (рис. 4, 5). Моделі гаків є дещо спрощеними, оскільки дослідження їхнього навантаженого стану не є метою даних досліджень. Збережені їхні основні геометричні параметри.

Закріплення моделі було прийняте шарнірним у місцях розташування осей блоків (рис. 5).

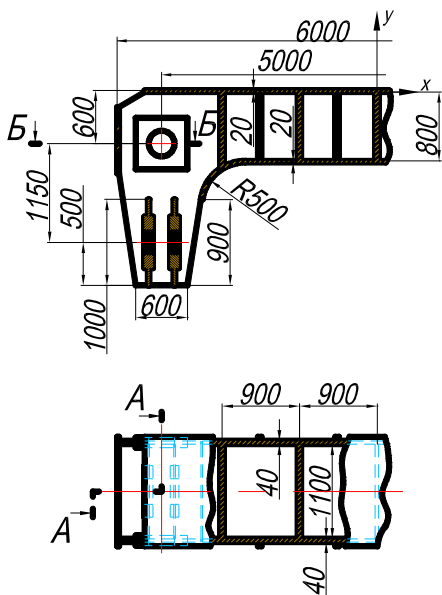


Рис. 3. Фрагмент креслення траверси

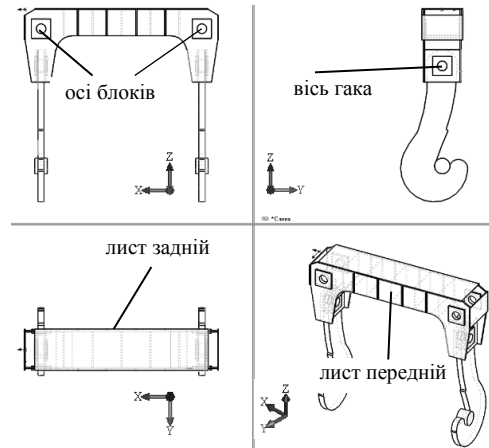


Рис. 4. Загальний вигляд моделі та прийняті назви

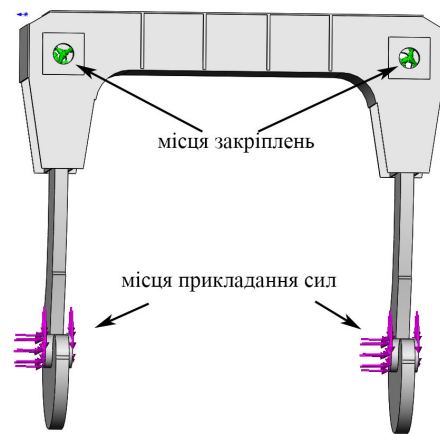


Рис. 5. Місця закріплення та прикладання сил у моделі

Після розробки моделі було згенеровано сітку скінченних елементів (рис. 6). Розмір мінімального стержня є меншим за мінімальний геометричний розмір у моделі.

У результаті моделювання напружено-деформованого стану були отримані епюри розподілу еквівалентних напружень у моделі, епюри нормальних напружень у трьох площинах, епюра розподілу коефіцієнта запасу міцності, епюра направленості силових потоків, епюра розподілу еквівалентних напружень (von Mises) із застосуванням обмеження ISO для трьох варіантів навантажень:

1. Дія тільки сили  $F_1$ ;
2. Дія сил  $F_1$  та  $F_2$ ;
3. Дія сил  $F_1$  та  $F_2$  з урахуванням теплового навантаження  $F_3$  зовнішніх поверхонь траверси.

Якщо проаналізувати загальний вигляд епюри розподілу еквівалентних напружень (темні зони – зони з високим значенням напружень) і співставити їх для трьох варіантів навантажень, то більш несприятли-

вим за рівнем напружень є третій варіант (табл. 1).

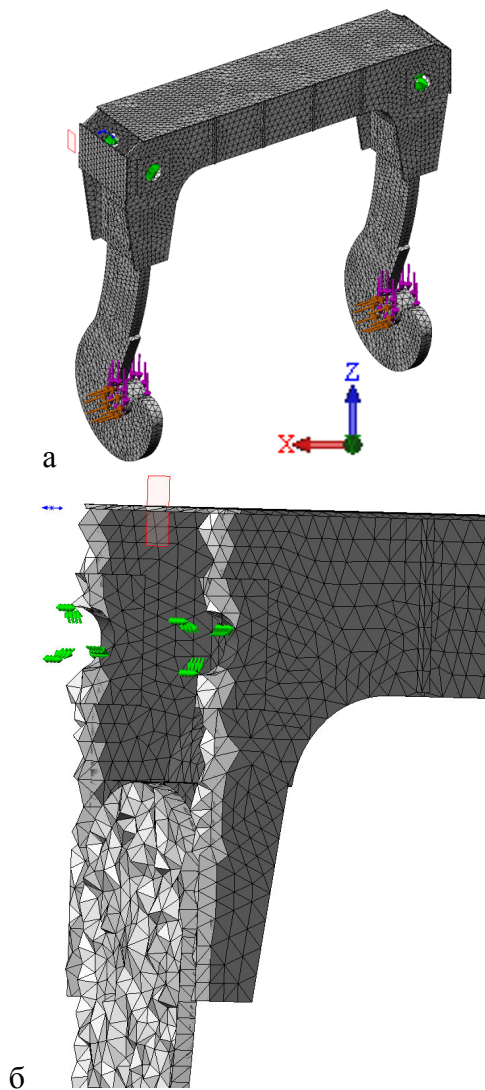


Рис. 6. Сітка скінченних елементів (а) та збільшений фрагмент перерізу (б)

Значні теплові навантаження діють досить невеликий час (3–5 хв), у порівнянні із силами від ваги вантажу та гаків. Однак відомо [13], що: «ефективні методи захисту елементів ливарного крана від впливу викидів гарячих газів, полум'я, бризок розплавленого металу з конвертера під час заливки в нього рідкого чавуну відсутні. Існуючі теплові екрани не здатні захистити металоконструкції моста від температурних впливів». При цьому елементи металоконструкції піддаються тепловим впливам і значним статичним, динамічним навантаженням, що призводить до скорочення терміну служби.

Тому вважаємо, що теплові навантаження доцільно розглядати як спектр додаткових навантажень, які накладаються на спектр

основних навантажень, і враховувати, у тому ж числі, у розрахунках на втомну міцність. Їхній вплив на загальне навантаження, розподіл в елементах траверси потребують додаткових досліджень та уточнень, що виходить за межі цієї роботи. Але, безумовно, заслуговують на увагу.

Таблиця 1 – Епюри розподілу еквівалентних напружень

№ варіанта навантаження	Загальний вигляд епюри
I варіант	
II варіант	
III варіант	

Враховуючи вищесказане, більш детально проаналізуємо напружено-деформований стан за другим варіантом навантаження.

Як видно з епюри (рис. 7), максимальні значення еквівалентних напружень виникають в елементах траверси між віссю кріплення гака та віссю блоків (передній (рис. 4) лист траверси), що є цілком прийнятним.

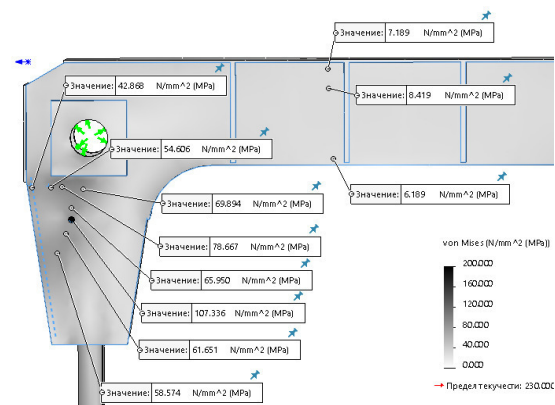


Рис. 7. Значення еквівалентних напружень за другим варіантом навантаження

Якщо розглядати передній лист, то максимальні еквівалентні напруження зміщені вліво – напрямком руху крана (сторона, протилежна напрямку дії сили  $F_2$ ). Якщо побудувати епюру направленості силових потоків (рис. 8), то ці ділянки проявляються більш

наочно. Місця концентрації еквівалентних напружень цілком відповідають місцям появи тріщин та руйнувань несучих елементів траверс ливарних кранів, описаних у роботі [1]. Більш детально розглянемо та проаналізуємо напружено-деформований стан саме цих елементів траверси.

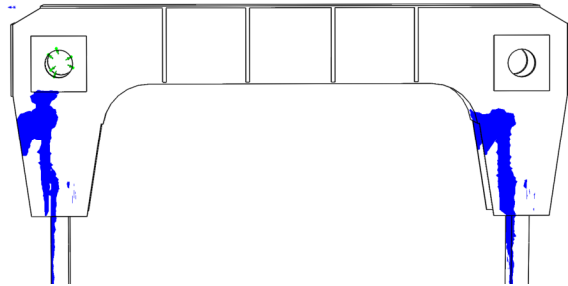


Рис. 8. Епюра направленості силових потоків

Якщо розглянути (рис. 9, а) векторну епюру розподілу нормальних напружень у вертикальній площині (вісь «z», рис. 4), то бачимо, що для переднього листа максимальними (до 90 МПа) є напруження розтягнення (рис. 9, б). Довжина стрілок на векторному поданні епюр є пропорційною величиною напружень.

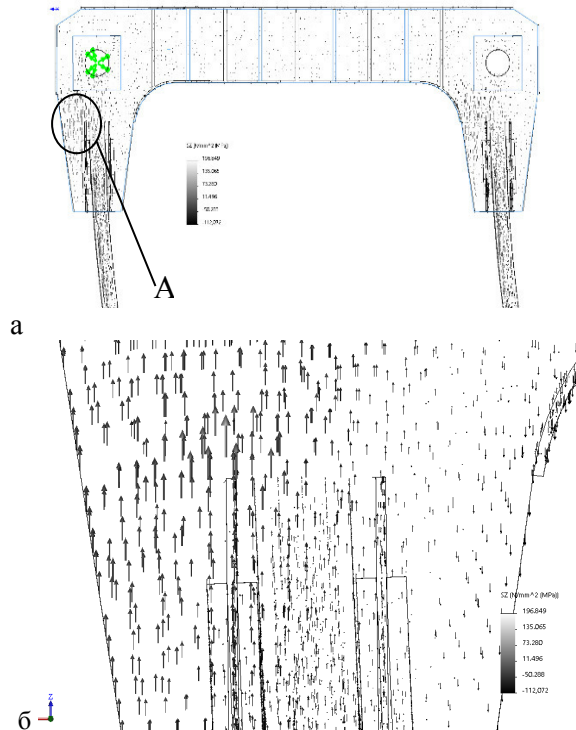


Рис. 9. Загальний вигляд (а) векторного подання епюри розподілу нормальних напружень у вертикальній площині та збільшений вигляд ділянки А (б) – напрямком розтягнення  $\uparrow$ , напрямком стискання  $\downarrow$

Розглянемо (рис. 10) векторну епюру розподілу нормальних напружень у горизонтальній площині (вісь «x», рис. 4) для цієї ж ділянки.

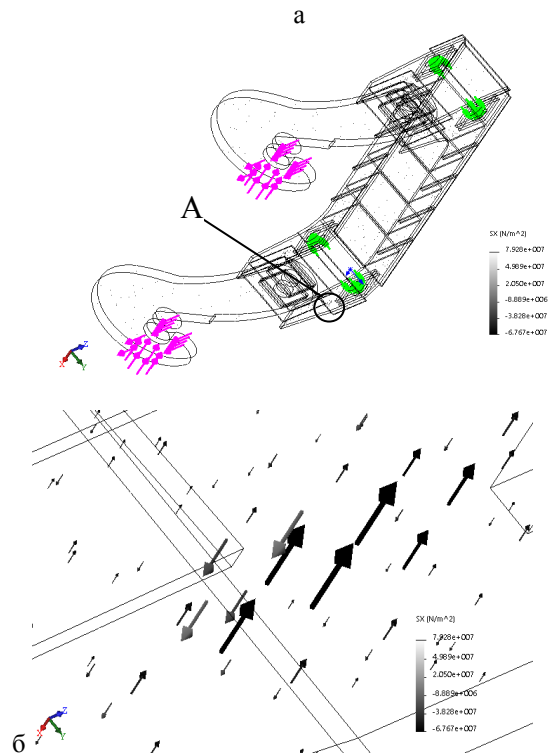


Рис. 10. Загальний вигляд (а) векторного подання епюри розподілу нормальних напружень у горизонтальній площині та збільшений вигляд ділянки А (б) – напруження стискання  $\nearrow$ , напруження розтягнення  $\nwarrow$

Якщо порівнювати зовнішню та внутрішню поверхні переднього листа, то бачимо, що зовні виникають напруження розтягнення, а всередині – стискання; при цьому напруження розтягнення є більшими (для переднього листа траверси становлять близько 20 МПа, для заднього листа – 67 МПа).

### Висновки

Моделювання напружено-деформованого стану траверси під час роботи ливарного крана та його аналіз, виконаний для переднього та заднього листів, дозволяють стверджувати, що місця концентрації максимальних напружень у цих елементах співпадають з фактичними місцями руйнування в них [1]. Напружено-деформований стан елементів траверси є досить складним, оскільки в одному елементі в різних площах виникають як напруження стискання, так і напруження розтягнення, які взаємозмінюються під час роботи крана.



При визначенні напружено-деформованого стану траверси слід враховувати також теплові навантаження, які є додатковими та накладаються на спектр основних навантажень (від маси вантажу та гаків). Рівень та розподіл теплових навантажень по елементах траверси та їхніх ділянках потребують додаткових досліджень.

Навантаженість та напружено-деформований стан елементів траверси є досить складними та потребують подальших досліджень.

Застосування різних методів розрахунків на міцність потребує певної методології їх застосування, що, у поєднанні із сучасними комп'ютерами та програмним CAD/CAE забезпеченням, дозволить проводити якісні дослідження та аналіз напружено-деформованого стану елементів та металоконструкцій ВПМ. Це, у свою чергу, дозволить розробляти оптимізовані конструкції, застосовувати сучасні програмні комплекси з оптимізації деталей та конструкцій, використовувати елементи біонічного дизайну та адитивних технологій.

#### Література

- Щеглов О. М. К вопросу о надёжности работы подвесок литейных кранов / О. М. Щеглов, Р. В. Суглобов, Ю. Г. Сагиров // Захист металургійних машин від поломок: Міжвузівський тематичний зб. наук. пр. – Маріуполь: ПДТУ, 2010. Вип. №12. С. 193-200.
- Сагиров Ю. Г. Ускорения при движении литейных мостовых кранов. / Ю. Г. Сагиров // Захист металургійних машин від поломок: Міжвузівських тематичний зб. наук. пр. – Маріуполь: ПДТУ, 2012. Вип. №14. С. 147-154.
- Лагереv И. А. Расчеты грузоподъемных машин методом конечных элементов: монография / И. А. Лагереv. – Брянск: Издательство БГТУ, 2013. – 116 с.
- Гребенюк Г.И. Основы расчета и оптимизации конструкций с использованием метода конечных элементов / Г.И. Гребенюк, Б.Н., Попов, Е. В. Яньков. – Новосибирск: [б. и.], 1992. 96 с.
- Сагиров Ю. Г. Методика оценки прочности деталей машин с использованием COSMOS / Ю. Г. Сагиров, В. П. Лаврик // Materials of the XIII International scientific and practical conference, Trends of modern science-2017. Volume 15. Shef-field. Science and education, LTD - 72 p, 12-16.
- Сергиевский С. А. Дискретная оптимизация в MSC.Nastran: методические указания / С. А. Сергиевский. – М.: MacNeal-Schwendler Corporation, 1998. 24 с.
- Оптимизация в MSC.Patran: методические указания. – М.: MacNeal-Schwendler Corporation, 1998. 55 с.
- Сагиров Ю. Г. Определение прочности зубчатого колеса методом конечных элементов в среде Solid Works / Ю. Г. Сагиров, О. А. Качалова // Университетская наука - 2017: Международ. научно-техн. конф. (Маріуполь, 18-19 мая 2017 г.): тез. докл.: в 3 т. / ГВУЗ «ПГТУ». Маріуполь, 2017. Т. 2. С. 37-38.
- Лаврик В. П. Використання САПР при аналізі напруженого стану зношених деталей ПТО. / В. П. Лаврик, Ю. Г. Сагиров, Д. О. Михайленко // Университетская наука - 2016: Международная научно-техн. конф., ПГТУ 19-20 мая 2016 г. –Маріуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2016 г. - Том II - С. 57-59.
- Сагиров Ю. Г. Уточненный метод анализа напряженно-деформированного состояния колонны порталного крана / Ю. Г. Сагиров // Международная научно-техническая конференция «Передовые научные разработки», Чехия, Прага 27 августа - 05 сентября 2012 г. – Прага: Publishing House «Education and Science» s.r.o. – Том. 11, Технические науки. Технология и спорт. – С. 38-40.
- Сагиров Ю. Г. Пространственное моделирование и долговечность металлоконструкции мостовых кранов / Ю. Г. Сагиров // Международная научно-техническая конференция «Динамика научных исследований», Польша, Пшемьсль, 07–17 июля 2012 г. – Przemysl: «Nauka I studia», 2012. – Том. 24, Технические науки. С. 28-31.
- Grigorov O.V., Stepochkina O.V. Motions of cranes of bridge type simulation in the MS Excel environment. Advanced Logistic System, 2014. Vol. 8, No. 1. P. 33-40.
- Габтыкаев Д. Ф. Совершенствование и защита элементов литейного крана от температурных воздействий: автореферат дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.02.13 – машиностроение и машиноведение / Д. Ф. Габтыкаев. – Череповец, 2009. 21 с.
- Сагиров Ю. Г. Прочностной анализ металлоконструкции грузоподъемных кранов с использованием Solid Works / Сагиров Ю.Г. // Вісник Приазовського державного технічного університету. Сер.: Технічні науки: зб. наук. праць. – Маріуполь: Приазов. держ. техн. ун-т, 2013. Вип. 26. 2013. С. 194–203.

#### References

- Scheglov O. M. K voprosu o nadYozhnos-ti raboty podvesok liteynyih kranov / O. M. Scheglov, R. V. Suglobov, Yu. G. Sagi-rov // Zahist metalurgIynih mashin vId polo-mok. MlzhvuzIvskih tematichniy zb. nauk. pr. – MarI-upol: PDTU, 2010. – Vip. #12. – S. 193-200.
- Sagirov Yu. G. Uskoreniya pri dvizhe-nii liteynyih mostovyih kranov. / Yu. G. Sa-girov // Zahist metalurgIynih mashin vId po-lomok.

- MizhvuzIvskih temachniy zb. nauk. pr. – Mariupol: PDTU, 2012. – Vip. #14. – S. 147-154.
3. Lagerev I. A. Raschetyi gruzopod'emnyih mashin metodom konechnyih elementov: monografiya / I. A. Lagerev. – Bryansk: Izda-telstvo BGTU, 2013. 116.
  4. Grebenyuk G.I. Osnovyi rascheta i op-timizatsii konstruksiy s ispolzovaniem metoda konechnyih elementov / G.I. Grebenyuk, B. N., Popov, E. V. Yankov. – Novosibirsk: [b. i.], 1992. – 96 .
  5. Sagirov Yu. G. Metodika otsenki prochnosti detaley mashin s ispolzovaniem COSMOS / Yu. G. Sagirov, V. P. Lavrik // Materials of the XIII International scientific and practical conference, Trends of modern science- 2017. 15. Shef-field. Science and education, LTD - 72, 12-16.
  6. Sergievskiy S. A. Diskretnaya opti-mizatsiya v MSC.Nastran: metodicheskie ukaza-niya / S. A. Sergievskiy. – M.: MacNeal-Schwendler Sorporation, 1998. – 24 c.
  7. Optimizatsiya v MSC.Patran: metodi-cheskie ukazaniya. – M.: MacNeal-Schwendler Corporation, 1998. – 55 c.
  8. Sagirov Yu. G. Opredelenie prochnos-ti zubchato-go koleasa metodom konechnyih ele-mentov v srede Solid Works / Yu. G. Sagirov, O. A. Kachalova // Universitetskaya nauka - 2017: Mezhdunar. nauchno-tehn. konf. (Mari-upol, 18-19 maya 2017 g.): tez. dokl.: v 3 t. / GVUZ "PGTU". - Mariupol, 2017. - T. 2. - S. 37-38
  9. Lavrik V. P. Vikoristannya SAPR pri anallzi napruzhenogo stanu znoshenih de-taley PTO. / V. P. Lavrik, Yu. G. Sagirov, D. O. Mihaylenko // Universitetskaya nauka - 2016: Mezhdunarodnaya nauchno-tehn. konf., PGU 19-20 maya 2016 g. –Mariupol: GVUZ «PGTU», 2016 g. - Tom II - S. 57-59 Ukraina
  10. Sagirov Yu. G. Utochnennyiy metod analiza napryazhenno-deformirovannogo sos-toyaniya kolonnyi portalnogo krana / Yu. G. Sagirov Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya «Peredovyye nauch-nyie razrabotki», Chehiya, Praga 27 avgusta - 05 sentyabrya 2012 g. – Praga: Publishing House “Education and Science” s.r.o. – Tom. 11, Teh-nicheskie nauki. Tehnologiya i sport. – S. 38-40.
  11. Sagirov Yu. G. Prostranstvennoe mo-delirovanie i dolgovechnost me-tallokonstruksii mostovyih kranov / Yu. G. Sagirov // Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya «Dinamika nauch-nyih issledovaniy», Polsha, Pshemyisl, 07 - 17 iyulya 2012g. – Przemysl: “Nauka I studia”, 2012. – Tom. 24, Tehnicheskie nauki. – S. 28-31.
  12. Grigorov O.V., Stepochkina O.V. Mo-tions of cranes of bridge type simulation in the MS Excel environment. Advanced Logistic Sys-tem, 2014. Vol. 8, No. 1. P. 33-40.
  13. Gabtyikaev D. F. Sovershenstvovanie i zaschita elementov liteynogo krana ot tem-peraturnyih vozdeystviy: avtoreferat dis. na soiskanie nauch. stepeni kand. tehn. nauk: spets. 05.02.13 – mashinostroenie i mashino-vedenie / D. F. Gabtyikaev. – Cherepovets, 2009. 21.
  14. Sagirov Yu. G. Prochnostnoy analiz metallokonstruksii gruzopod'emnyih kra-nov s ispolzovaniem Solid Works. VIsnik Priazovskogo derzhavnogo tehnIchnogo unI-versitetu. Ser.: TehnIchnI nauki: Zb. nauk. prats. – Mariupol: Priazov. derzh. tehn. un-t, 2013. 26. 194-203.
- Сагіров Ю.Г.**, канд. техн. наук, доцент, кафедра підйомно-транспортних машин і деталей машин, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, буд. 7, (0629)-44-60-97, [sagirov1978@ukr.net](mailto:sagirov1978@ukr.net).
- Суглобов В.В.**, д-р техн. наук, проф., кафедра підйомно-транспортних машин і деталей машин, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, буд. 7, (0629)-44-65-07, [suglobov\\_v\\_v@ukr.net](mailto:suglobov_v_v@ukr.net).
- Кухар В.В.**, д-р техн. наук, проф., кафедра обробки металів тиском, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, буд. 7, (0629)-44-66-54, [kvv.mariupol@gmail.com](mailto:kvv.mariupol@gmail.com).
- Резніков О. О.**, канд. техн. наук, доцент, кафедра будівельних і дорожніх машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Я. Мудрого, 25, (057)-700-38-64, [ssr.sdm@gmail.com](mailto:ssr.sdm@gmail.com).
- Load simulation and analysis of the stress-strain state of the elements of a casting crane tracers**
- Y. Sahirov, V. Suglobov, V. Kukhar, State Higher Educational Institution «Priazovskyi State Technical University», Mariupol, A. Reznikov, National Automobile and Highway University, Kharkiv**
- Abstract. Problem.** Casting cranes are operated for a long time in difficult conditions - high temperatures, dynamic loads, significant pollution of the environment. In this case, the value of dynamic loads arising during operation may exceed those adopted during the design, and adverse operating conditions are not taken into account at all. Refinement of methods for calculating the strength of cranes, the development of new methodologies is an important scientific and technical problem, the solution of which will improve the safety of the operation of load-lifting cranes, in particular foundry ones. **Goal.** The purpose of this work is to simulate loading during acceleration of the casting crane and analysis of the actual stress-strain state of the elements of the tracers, taking into account the temperature effect and additional inertial loads. The object of the study is the pattern of stress distribution in the elements of the traverse. **Methodology.** The article proposes a methodology for modeling and analysis of the stress-strain state of the

casting crane travers taking into account additional loads, based on the methods for strength calculations for allowable stresses and the method of finite elements. A design scheme, a solid-deformed model was developed, and a finite element calculation was performed in the CAD / CAE system. **Results.** The results of calculations and analysis are given. The obtained regularity of the distribution of stresses in the elements of the traverse clearly showed that the places of concentration of maximum stresses coincide with the actual places of destruction in them; the stress-strain state of the elements of the traverse is rather complicated, since in one element in different planes both compressive stresses and tensile stresses arise, which are interchanged during the operation of the crane. **Originality.** Previously, a methodology was proposed for analyzing the stress-strain state of metal structures of cranes. On the basis of this, the regularity of the stress distribution in the elements of the travers of a casting crane with regard to additional loads is obtained. The analysis of the stress-strain state has been made. Directions for further research are identified. **Practical value.** The use of various strength analysis methods requires a certain methodology for their application, which, in combination with modern computers and CAD / CAE software, will allow for qualitative research and analysis of the stress-strain state of elements and metal structures of cranes.

**Key words:** reliability, modeling, stress concentration, method of finite elements, yield strength, defects, stress-strain state, defects, stress-strain state.

### Моделирование нагруженности и анализ напряженно-деформированного состояния элементов траверсы литейного крана

Сагиров Ю.Г., Суглобов В.В., Кухарь В.В., Резников А.А., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

**Аннотация.** В статье предложена методология моделирования и анализа напряженно-деформированного состояния траверсы литейного крана с учетом дополнительных нагрузок, основанная на методах на прочностных расчетах по допускаемым напряжениям и методе конечных элементов. Разработана расчетная схема, твердо-деформированная модель и выполнен расчет методом конечных элементов в CAD / CAE системе. Полученная закономерность распределения напряжений в элементах траверсы наглядно показала, что места концентрации максимальных напряжений совпадают с фактическими местами разрушения в них; напряженно-деформированное состояние элементов траверсы является достаточно сложным, поскольку в одном элементе в разных плоскостях возникают как напряжения сжатия, так и напряжения растяжения, которые взаимозаменяются во время работы крана.

**Ключевые слова:** литейный кран, траверса, надежность, моделирование, концентрация напряжений, закономерность, метод конечных элементов, межкритическая текучесть, дефекты, напряженно-деформированное состояние.