FRI-1.202-1-MR-02

A STUDY OF GANTRY CRANES LEVEL-LUFFING JIB SYSTEM USING SOLIDWORKS [7]

Emil Bargazov, MSc. (Eng)
Department "Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies", University of Ruse, Ruse 7017, Bulgaria
Tel.: (082) 888-239
E-mail: ebargazov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Toni Uzunov, PhD
Department "Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies", University of Ruse, Ruse 7017, Bulgaria
Tel.: (082) 888-239
E-mail: tuzunov@uni-ruse.bg

Prof. Ognyan Alipiev, PhD
Department "Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies", University of Ruse, Ruse 7017, Bulgaria
Tel.: (082) 888-593
E-mail: oalipiev@uni-ruse.bg

Principal assistant. Sergey Antonov, PhD
Department "Computer Science", University of Ruse, Ruse 7017, Bulgaria
Tel.: (082) 888-475
E-mail: santonov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Danil Bortyakov, PhD
Department "TRANSPORT AND TECHNOLOGY SYSTEMS"
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Institute of Metallurgy, Mechanical Engineering and Transport, St. Petersburg, Politekhnicheskaya ul. 29, Russia
Tel.: (812) 552-6088, (812) 552-8401,
E-mail: bortyakov@ratte.ru

Abstract: *Solid model of the gantry cranes level luffing jib system element is built in SOLIDWORKS. The metal structure has been designed as a thick-walled, box-shaped as a modern technological solution. The workloads applied to the part during the gantry crane operation are used according to previous experiments. The results of the calculations of the gantry crane level luffing jib system element are presented as info-graphics.*

Keywords: *Gantry cranes, Level-luffing gib system, Metal structure, Info-graphics, Stiffness, Strenght, Jib, SOLIDWORKS.*

ВЪВЕДЕНИЕ

При съвременното разработване и проектиране на машини и съоръжения, практически във всички отрасли, широко се използват CAE (Computer-Aided Engineering) системи. По същество те представляват програмни продукти, които предоставят на ползвателя характеристика за това, какво поведение ще има в реални работни условия разработената в определена компютърна среда конструкция на машина, елемент или възел. CAE могат да бъдат наречени

[7] Докладът е представен на паралелна сесия в стая 1.202 на 27 октомври 2017 с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ НА СТРЕЛОВАТА СИСТЕМА НА ПОРТАЛНИ КРАНОВЕ С ПОМОЩТА НА SOLIDWORKS

системи за инженерен анализ. В своята работа те използват метод на крайните елементи (МКЕ), метод на крайните разлики (МКР), метод на крайните обеми (МКО). С помощта на CAE комплексите може да бъде направена преценка за работоспособността на изследвания или разработвания обект без да се правят огромни разходи за натурни изпитания и време необходимо за провеждането им.

Целта на доклада е да бъдат представени резултатите от експериментални изследвания на стрелата на портален кран по МКЕ с помощта на SOLIDWORKS и тези резултати, да се съпоставят с предходни такива, получени чрез използването на енергетичен метод.

ИЗЛОЖЕНИЕ

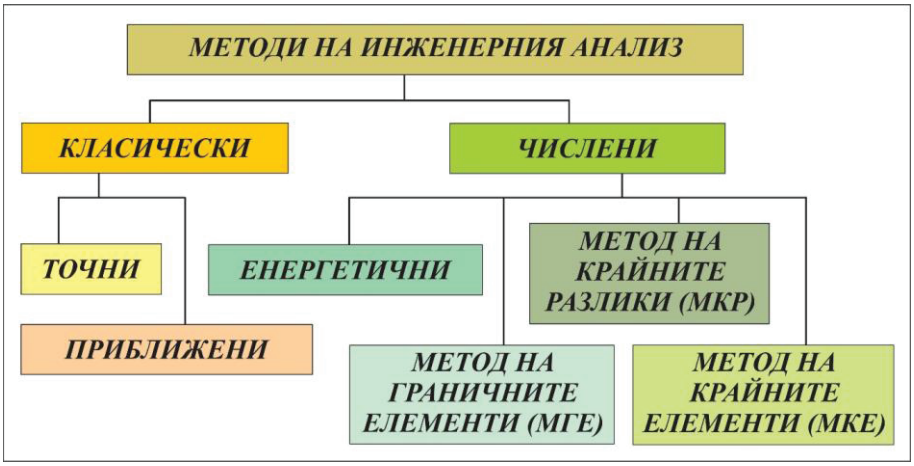
Методи на инженерния анализ

Преди всичко в началото е полезно да се види къде ***Методът на крайните елементи (МКЕ)*** се вписва с други методи на инженерния анализ. Инженерният анализ може да бъде разделен на две категории: класически методи и численни методи показани на фиг.1, (Rychkov S. P., 2013), (MSC.Nastran 2001/2002).

Класически методи. Класическите методи се опитват да решат проблемите на полето директно, използвайки системи диференциални уравнения построени на основата на фундаментални физически принципи.

Точните методи, са възможни само за най-простите случаи по отношение на геометрия, натоварване и гранични условия.

Приближените методи могат да решават по-широк кръг от класически задачи с помощта на системи диференциални уравнения. Резултатите в този случай имат формата на редове, в които след изследване на сходимостта се отхвърлят членовете с производни от по-висок ред. В света на конструкциите много от творбите на Степан Прокофиевич Тимошенко и Формулите на Роарк са по същество каталози на този вид решение.



Фиг.1. Методи на инженерния анализ

Както точните така и приближените методи изискват правилна геометрична форма, прости гранични условия и удобно прилагане на натоварванията. Следователно, тези решения имат малко прилика с повечето практически инженерни проблеми. Основното предимство на класическите методи се състои в това, че те предполагат и изискват задълбчено разбиране на изследвания проблем.

Числени методи. Числените методи разглеждат широк кръг от задачи.

Енергетичните методи търсят минимума на функцията за пълната потенциална енергия на конструкцията по цялата зададена област. Този подход работи добре само за определен вид задачи, но не е широко приложим.

При използване на ***Метода на граничните елементи (МГЕ)*** размерността на задачата се понижава защото, елементите представляват само гранците на моделираната област. Прилагането обаче на този метод изисква познание за фундаменталното решение на системата уравнения, което понякога е трудно да се получи.

Методът на крайните разлики (МКР) преобразува системата от диференциални уравнения и гранични условия в съответна система алгебрични уравнения. Този метод позволява да се решават достатъчно нетрадиционни задачи със сложна геометрия, гранични условия и натоварване. Обаче МКР често се оказва изключително бавен поради това, че изискването за правилно оформена мрежа в цялата изследвана област довежда до получаването на системи уравнения от много висок порядък.

Методът на крайните елементи (МКЕ) може да бъде обобщен практически за неограничен клас задачи благодарение на това, че позволява използването на елементи с различна форма за получаване на мрежови структури за всякакви нетрадиционно и неправилно оформени области. Размерите на крайните елементи в мрежата могат да се различават десетки пъти. Натоварванията и граничните условия могат да имат произволен вид. Основен проблем е необходимата по-висока квалификация за разбиране и възприемане на резултата.

За универсалност на решението се налага да се плати със загуба на интуиция, защото крайно-елементното решение е по същество множество от числа, които се отнасят само за конкретната задача. Изменението на всеки съществен аспект в модела обикновено изисква повторно решаване на задачата. Това обаче е невисока цена, защото МКЕ често е единствено възможния способ на решение. Метода е приложим към всички класове задачи на разпределение на полета, които включват анализ на конструкции, пренос на топлина, потоци на флуиди и електромагнетизъм.

Методика на експерименталните изследвания

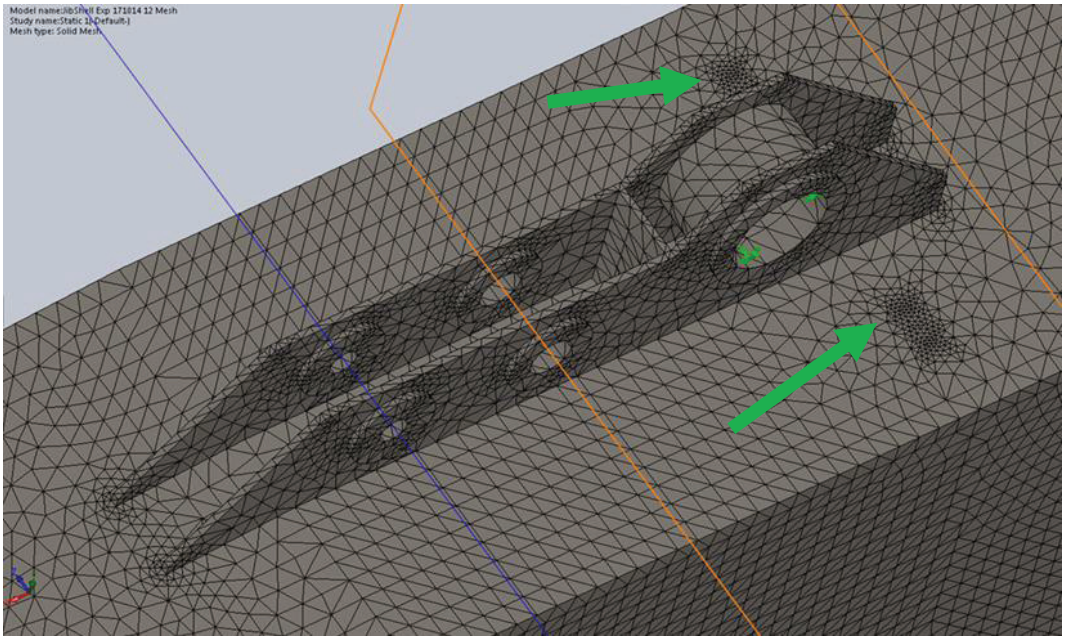
В качеството на среда за изследванията е избран SOLIDWORKS, защото е един от възможните варианти за работа по МКЕ (Alyamovskiy A. A., 2006/2007), (Alyamovskiy A. A., 2015). Разработена е, във вид на твърдотелен модел конструкция на стрелата на портален кран, която максимално се приближава до реалната (Grigorov B., R. Mitrev, 2008), (Alyamovskiy A. A., A. A. Sobachkin, E. V. Odincov i dr., 2007/2008), (www.solidworks.com). При това са използвани стоманени листи с различна дебелина, която е в границите 10…18 mm. Там където следва, те са усилени с ребра за постигане на местна устойчивост. Вложени са диафрагми на необходимите места (Sokolov S. A., 2005), (Sokolov S. A., 2011), (www.bortyakov. ratte.ru), (Spravochnik po kranam, 1988). Конструирани са местата на прилагане на опорните реакции, шарнира в основата на стрелата състоящ се от два възела и шарнира „стрела-щанга“. Обособен е и шарнира във върха на стрелата също от два възела където се прилага натоварването от хобота към стрелата. В процеса на изследванията е зададен вида на материала стомана 09Г2С с граница на пропорционалност σ_{Π} = 345 MPa и граница на якост σ_{B} = 420 MPa. Зададени са опорите с възможност за малко превъртане, без да допускат осово и радиално изместване. Показани вдясно горе на фиг.3 и фиг.4 са приложените сили на натоварване във върха: напречна F_C = 30 kN и осова на натиск N_C = 500 kN.

Резултати от експерименталните изследвания

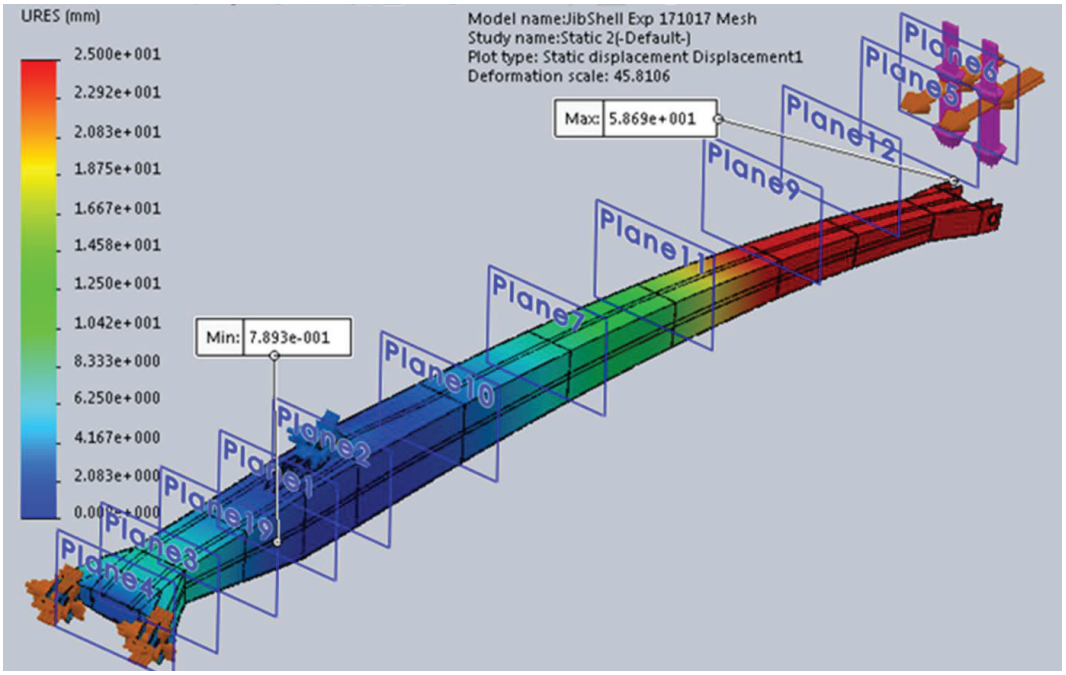
Резултатите от експерименталните изследвания са показани на следващите фигури. На фиг.2 се вижда, че при генериране на мрежата от крайни елементи, участъците от металната конструкция представляващи ефективни концентратори на напрежение са изпълнени с по-гъста мрежа. Със зелени стрелки са показани местата където от вътрешна страна, П-образен профил, в качеството му на ребро за местна устойчивост, спира в диафрагма. Там има по-голяма вероятност да се появят пукнатини от умора на материала (Sokolov S. A., 2005), (Sokolov S. A., 2011), (Spravochnik po kranam, 1988) и затова приложението ги изучава по-добре.

На фиг.3 са показани преместванията, изчислени с помощта на приложението при зададените геометрия и материал на металната конструкция и сили на натоварване. Провисването на върха на стрелата 58,69 mm сравняваме с полученото чрез енергетичен метод на Мор (Sokolov S. A., 2005), (Sokolov S. A., 2011), (Spravochnik po kranam, 1988) в изследването (Bortyakov D. E., T. I. Uzunov, O. L. Alipiev, E. I. Bargazov, 2017), чиято величина е 28...35 mm. Двете разглеждани стойности са от един порядък. Различията им се обясняват с различните модели и изчислителни схеми. Така например, изчислителната схема на горе цити-

раната работа не отчита: 1) Изместването на опората в шарнира „стрела-щанга“ от надлъжната ос на стрелата; 2) Изменението на инерционния момент на сечението на стрелата с този шарнир; 3) Допълнителният инерционен момент от ребрата за местна устойчивост; 4) Изменението на размерите от еластичността на стрелата при прилагане на осовата сила на натиск до постигане на равновесие.

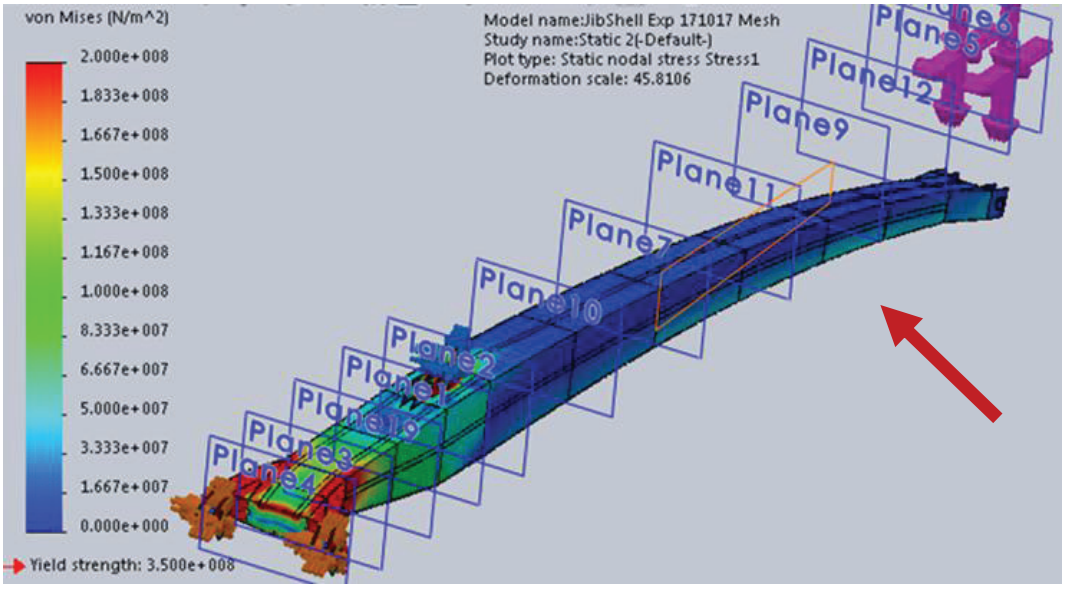


Фиг.2. Мрежата от крайни елементи на стрелата



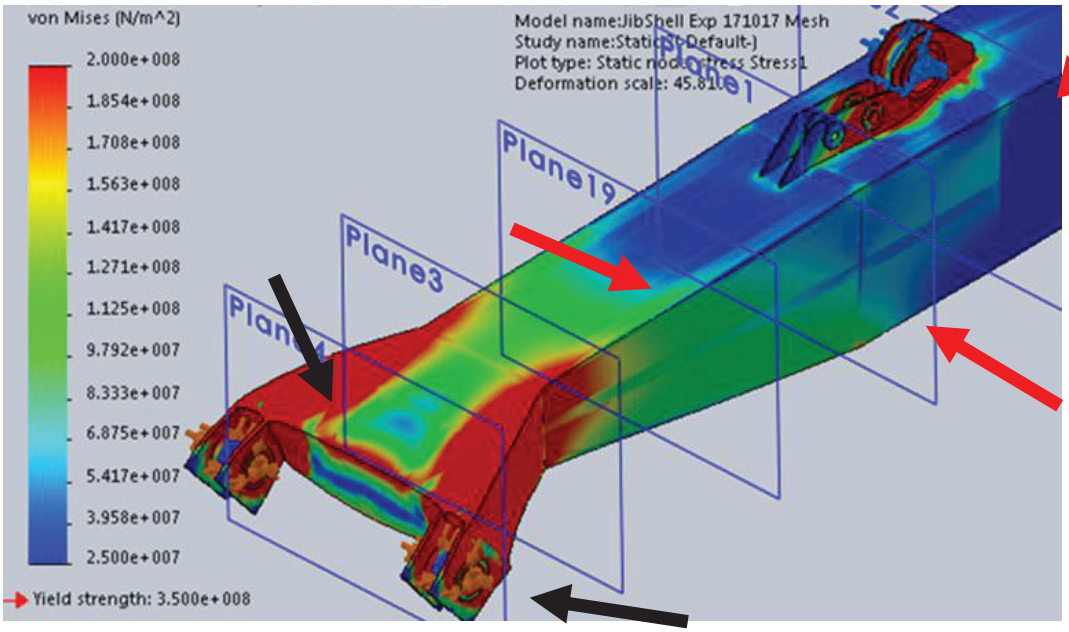
Фиг.3. Преместванията на металната конструкция на стрелата

На фиг.4 са показани напреженията в металната конструкция на стрелата в общ план при зададената схема на прилагане на силите. Открояват се участъците с високи стойности на напреженията около опасното сечение в мястото на закрепване на щангата на уравновесяващото устройство. Това място се счита за опасно и в други методики, които работят на енергетичен принцип или използват приближени методи (Spravochnik po kranam, 1988). На фигурата също се виждат високите напрежения в натиснатите влакна в долната предна част на стрелата показани на фиг.4 с червена стрелка.



Фиг.4. Напреженията в металната конструкция на стрелата

На фиг.5 с червени стрелки са показани участъците от металната конструкция на стрелата, където се вижда съществената роля на ребрата за коравина и диафрагмите за постигане на местна устойчивост на стоманените листи, според характерната смяна на цветовете по диаграмата вляво. Този въпрос е добре изучен и с отлични резултати в методиките (Sokolov S. A., 2005), (Sokolov S. A., 2011), (Spravochnik po kranam, 1988). Независимо, че построения твърдотелен модел на стрелата има своите недостатъци, оцветените в червено участъци в основата, показани с черни стрелки на фиг.5 по категоричен начин говорят за голямата натовареност на този възел.



Фиг.5. Напреженията в металната конструкция на стрелата в основата

Според оцветяването на изследвания обект на фиг.4 и фиг.5 и цветовите диаграми вляво на фигурите се вижда, че действащите напрежения в различните участъци се движат в интервала 35...185 MPa. Такива са и границите на уморна дълготрайност на конструкционните елементи в зависимост от ефективния коефициент на концентрация на напреженията и изчислителния коефициент на асиметрия на цикъла приведени в (Spravochnik po kranam, 1988). Това показва, че добре изучени въпроси в миналото намират съвременно приложение за ефективна работа по МКЕ.

ИЗВОДИ

От проведеното изследване с помощта на SOLIDWORKS са направени следните изводи:

1. Стрелата като носещ елемент от металната конструкция на системата за изменение на обсега на порталния кран, е тежко натоварена и работи практически по симетричен цикъл в режим на нестационарно натоварване.

2. Независимо от различните стойности на преместванията изчислени по енергетичен метод и по МКЕ, използван в настоящото изследване, при водещата му роля (различията са обосновани в текста), за отговорни конструкции адекватността на изчислителния модел следва да се проверява по два различни метода.

3. Следва да се обръща особено внимание на металната конструкция на стрелата, задълбочено в долната част при основата (Фиг. 5), като най-натоварена, при системните проверки съгласно нормативната уредба в експлоатацията и надзора на порталните кранове.

REFERENCES

Alyamovskiy A. A., (2006/2007) SolidWorks COSMOS Works. Ingenerniy analiz metodom konechnyh elementov., Moscow: Izdatelstvo DMK Press (***Оригинално заглавие:*** *Алямовский А. А. SolidWorks/COSMOS Works 2006–2007. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 784 с.; ил. ISBN 5-94074-337-4.)*

Alyamovskiy A. A., (2015) SolidWorks Simulation. Ingenerniy analiz dlya professionalov: zadachi, methody, rekomendaciy., Moscow: Izdatelstvo DMK Press (***Оригинално заглавие:*** *Алямовский А. А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 562 с.; ил. ISBN 978-5-97060-140-2.)*

Alyamovskiy A. A., A. A. Sobachkin, E. V. Odincov i dr., (2007/2008) SolidWorks. Computernoe modelirovanie v ingenernoy praktike., Saint-Peterburg: Izdatelstvo BHV-Peterburg (***Оригинално заглавие:*** *Алямовский, А. А., А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов и др. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике. – С-Пб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.; ил. ISBN 978-5-94157-994-5.)*

Bortyakov D. E., T. I. Uzunov, O. L. Alipiev, E. I. Bargazov, (2017) Studying the elasticity of the units of the level luffing jib system in gantry cranes using MATLAB. IN: Modern mechanical engineering: Science and Education MMESE-2017: Proceedings of an International Scientific and Practical Conference, Russia, St. Petersburg, June 22 – 23, 2017, Publishing Polytechnic University, 2017, pp. 746-756, ISBN ISSN 2223-0807.

Grigorov B., R. Mitrev, (2008) SolidWorks. Prakticheskо rakovodstvo. Sofia: Izdatelstvo Perfekt kovsult OOD *(**Оригинално заглавие:*** *Григоров, Б., Митрев Р. SolidWorks. Практическо ръководство. София: Издателство Перфект Консулт ООД, 2008. – 495 с. ISBN 978-954-565-052-9.)*

Sokolov S. A., (2005) Metallicheskie konstrukcii podemno-transportnyh mashin. Saint-Peterburg: Izdatelstvo Politehnika *(**Оригинално заглавие:*** *Соколов С.А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин. - СПб.: Политехника, 2005. – 423 с. ISBN 5-7325-0858-9.)*

Sokolov S. A., (2011) Stroitelnaya mehanika i metallicheskie konstrukcii mashin. Saint-Peterburg: Izdatelstvo Politehnika *(**Оригинално заглавие:*** *Соколов С.А. Строительная механика и металлические конструкции машин: учебник / С.А. Соколов. – СПб. : Политехника, 2011. – 450 с. ISBN 978-5-7325-0969-4.)*

Spravochnik po kranam, (1988), T.1, T.2 / Pod red. M. M. Gohberga., Leningrad: Izdatelstvo Mashinostroenie *(**Оригинално заглавие:*** *Справочник по кранам. Т.1, Т.2 / Под ред. М. М. Гохберга. - Л.: Машиностроение, 1988.- 536 с., -559 с. ISBN 5-217-00288-3., ISBN 5-217-00289-1.)*

Rychkov S. P., (2013) Modelirovanie konstrukciy v srede FEMAP with NX Nastran., Moskow: Izdatelstvo DMK (***Оригинално заглавие:*** *Рычков С. П., Моделирование конструкций в среде FEMAP with NX Nastran. – М.: Изд. ДМК, 2013. – 784 с. ISBN 978-5-94074-638-6.)*

MSC.Nastran 2001(2002), Getting started with MSC.Nastran, User's Guide ,(2001).

www.bortyakov.ratte.ru

www.solidworks.com/sw/support - SolidWorks Workbook Advanced Modeling