

6. Kim, Y. B., Ha, J., Kang, H., Kim, P. Y., Park, J., & Park, F. C. (2013). Dynamically optimal trajectories for earthmoving excavators / Y.B. Kim, J. Ha, H. Kang, P.Y. Kim, J. Park, F.C. Park // Automation in Construction. – 2013. – Vol. 35. – P. 568–578.
7. Wu Z. Design an Autonomous Excavation System for Hydraulic Excavators/ Z. Wu, K.Y. Sun, M. Song, M. Zheng //Applied Mechanics and Materials. – 2013. – Vol. 437. – P. 471-474.
8. Jun Gu. Improved control of intelligent excavator using proportional-integral-plus gain scheduling // Gu Jun , D. Seward // Journal of Central South University. – 2012. – Vol. 19. – No.2. – P. 384-392.
9. Tafazoli S. Identification of frictional effects and structural dynamics for improved control of hydraulic manipulator: PhD dissertation / S. Tafazoli; Dept. Elect. Comput. Eng. Univ. British Columbia, Vancouver, B.C., Canada. – 1997.
10. Гурко А.Г. Оптимальное управление манипулятором одноковшового экскаватора / А.Г. Гурко, И.В. Янчевский // Материалы XIX Международной конференции по автоматическому управлению Автоматика/ Automatics – 2012, 26-28 сентября 2012 г. – К.: НУХТ, 2012. С. 149-150.
- 11 Kelly R. Control of Robot Manipulators in Joint Space / R. Kelly, V. Santibanez, A. Loria – Springer, 2005. - 452 p.
12. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т.3: Синтез регуляторов систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. - 616 с.
13. Cartesian Control for Robot Manipulators, Robot Manipulators Trends and Development / Ed. Agustin Jimenez and Basil M Al Hadithi. - InTech, 2010 – 676 p. Режим доступа: <http://www.intechopen.com/books/robot-manipulators-trends-and-development/cartesian-control-for-robot-manipulators>.

УДК 621:875

В. А. ПЕНЧУК, докт. техн. наук.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОСТРУКТУРОВАННЫХ СТАЛЕЙ
В КОНСТРУКЦИЯХ СТРЕЛОВЫХ САМОХОДНЫХ КРАНОВ**

Актуальность проблемы. Грузоподъемные и погрузочно-разгрузочные операции являются наиболее массовыми в строительстве и других видах промышленности. До 80% грузоподъемных работ выполняется стреловыми самоходными и башенными кранами, определяющим параметром которых является грузовысотная характеристика. Повышение грузовысотной характеристики кранов было и будет оставаться актуальной проблемой.

Анализ публикаций. Системный анализ материалов по развитию техники и технологий в XXI веке, позволяет сделать вывод, что уже в 2012 году начался XI технологический уклад, связанный с применением нанотехнологий [1, 2]. Перспективы развития нанотехнологий изложены в работе [3].

Поиск путей повышения грузовысотных характеристик стреловых кранов изложен в работе [4, 5].

Формирование цели и задач. Цель работы – обоснование технической целесообразности применения нанометаллов в конструкциях самоходных стреловых кранов.

Основная часть. Анализ современных тенденций развития стреловых самоходных кранов передовых фирм мира позволяет отметить следующее:

- рост максимальной грузоподъемности кранов достиг своего максимума и составляет уже 1200 т;
- практические мощные самоходные стреловые краны из-за маневренности и мобильности имеют телескопические стрелы;
- самоходные стреловые краны – это свободностоящие на основании технические объекты;
- устойчивость мощных стреловых самоходных кранов достигается за счет расширения опорного контура выносными опорами и навесных противовесов;
- компоновочная база кранов – шасси автомобильного типа.

Для свободностоящих кранов грузовая характеристика может быть представлена как:

$$Q(L) = \frac{G_{mn} \cdot \left(\frac{B_{on}}{2} + l_{nn} \right) + G_{mn} \cdot \frac{B_{on}}{2} - G_{cmp} \cdot \left(c + \frac{L-c}{2} - \frac{B_{on}}{2} \right) \cdot \cos(\beta) - K_{zy} \cdot \frac{W_1 \cdot Y_1}{g}}{K_{zy} \cdot 1,05 \cdot \left(L - \frac{B_{on}}{2} \right) \cdot \left(1 + \frac{a_{zp}}{g} \right)}, \quad (1)$$

где G_{mn} - вес поворотной платформы; G_{nn} - вес неповоротной платформы; G_{cmp} - вес стрелы; B_{on} - ширина колеи крана; L - вылет крюка крана; K_{zy} - коэффициент запаса устойчивости; c - расстояние от шарнира крепления стелы до оси поворотной платформы; a_{zp} - ускорение

подъема или замедления опускания; W_i - инерционные нагрузки; Y_i - плечи приложения инерционных нагрузок; β - угол наклона стелы крана.

Для анализа возможности и целесообразности применения нанометаллов в конструктивных элементах крана необходимо сопоставить их физико-механические характеристики с характеристиками применяемых сталей (табл. 1).

Таблица 1.

Характеристики углеродистой стали и наностали

Характеристика	Размерность	Углеродистая сталь	Наносталь
Модуль упругости	Н/м ²	2.1e+011	2.1e+011
Коэффициент Пуассона	Не применимо	0.28	0.28
Модуль сдвига	Н/м ²	7.9e+010	7.9e+010
Плотность	кг/м ³	7800	1560
Предел прочности при растяжении	Н/м ²	399826000	3198608000
Предел текучести	Н/м ²	220594000	1764752000

Данные таблицы 1 наглядно показывают, что нанометаллы имеют в пять раз меньшую плотность, а соответственно и вес, а прочность их на порядок выше.

Благодаря таким уникальным характеристикам наносталей и их сплавов делаются попытки их применения во многих областях промышленности (рис. 1).

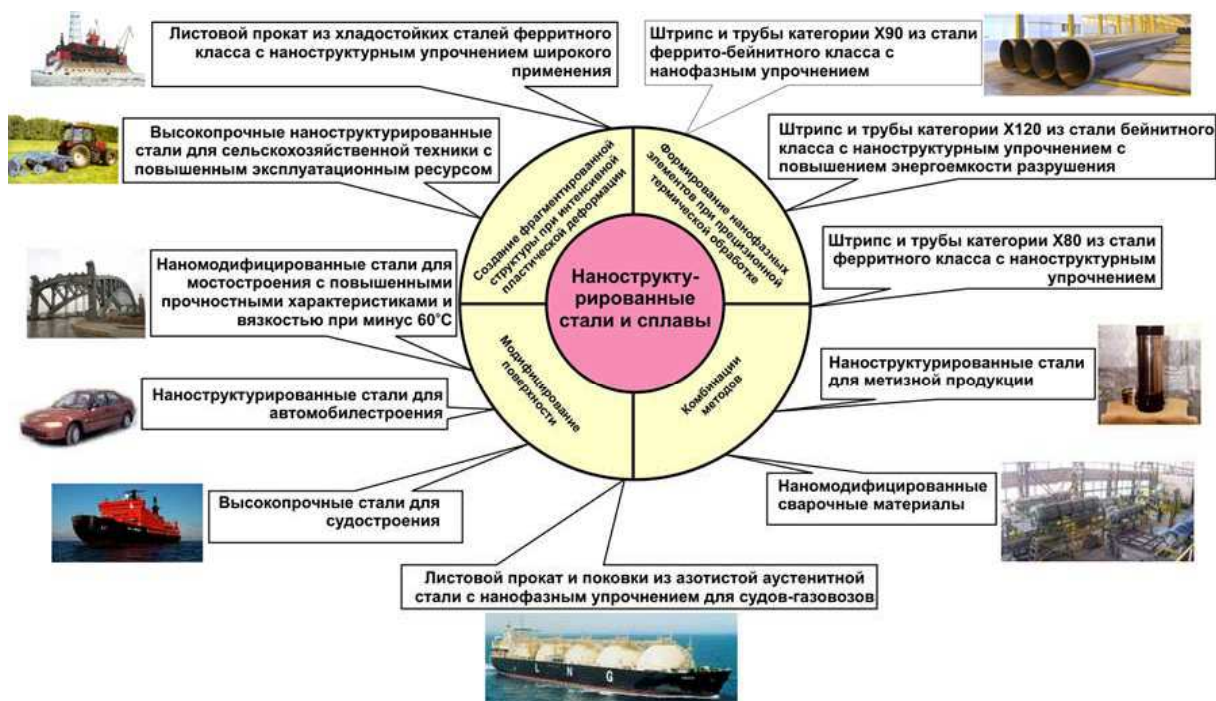


Рис. 1 – Наноструктурированные стали для широкого применения в различных отраслях промышленности.

Анализ зависимости (1) позволяет утверждать, что высокопрочные стали, исходя из условия устойчивости и повышенной грузовой характеристики целесообразно применять только в конструкциях стрел. Снижение веса стрел (особенно телескопических) позволит без каких-либо изменений в других узлах крана повысить его грузovou характеристику.

Для оценки снижения веса телескопической стрелы за счет применения нанометаллов его расчетную схему представим как показано на рисунке 2.

Для описания равной прочности различных конструкции стрел, с учетом материала из которых они изготовлены, составляется система неравенств:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{k=1}^n \Delta l_{C_1} &\cong \sum_{k=1}^n \Delta l_{C_2} \cong \sum_{k=1}^n \Delta l_{C_3} \cong \sum_{k=1}^n \Delta l_{C_4} \\ \sum_{k=1}^n \sigma_{C_1} &\cong \sum_{k=1}^n \sigma_{C_2} \cong \sum_{k=1}^n \sigma_{C_3} \cong \sum_{k=1}^n \sigma_{C_4} \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где Δl_i и σ_{c_i} - соответственно перемещения и напряжения в конкретном участке конкретной стрелы от силы Q .

Критерий перемещения Мизеса для некоторого сечения стрелы имеет вид:

$$\sum_{k=1}^n \Delta l_{JL} = [K] \cdot [p_x, p_y, p_z \dots p_{kx}, p_{ky}, p_{kz}]^T, \quad (3)$$

где $\sum_{k=1}^n \Delta l_{JL}$ - суммарная величина относительно перемещений дискретных узлов; p_x, p_y, p_z - соответствующие усилия в направлении осей в узлах отдельных элементов сечения.

С использованием метода конечных элементов выполнено численное определение напряжений в сечениях различной формы телескопических стрел с использованием углеродистых и наносталей. Фрагмент таких расчетов стрел приведен на рис. 3.

Сопоставительный анализ грузовой характеристики крана с телескопической стрелой из наностали показал, что увеличение грузоподъемности крана на всех вылетах на 20...25%.

Выводы. 1. В конструкциях стреловых самоходных кранов применение наноматериалов технически целесообразно в конструкциях стрел, в остальных узлах их применение оправдано с точки вопросов повышения их надежности.

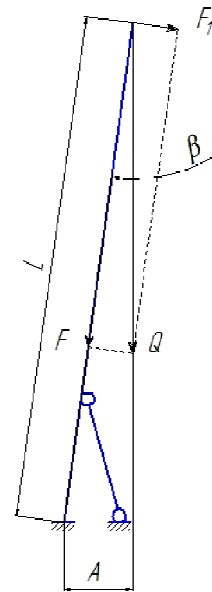


Рис. 2. Расчётная схема.

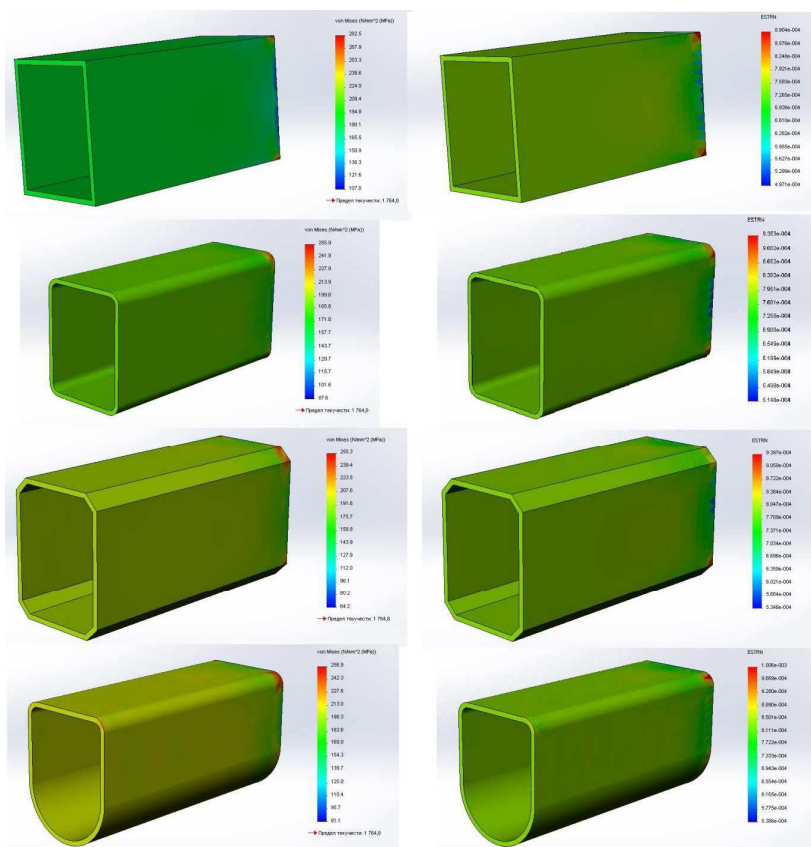


Рис. 3. Эпюры напряжения и деформации.

2. Применение нанострел позволяет без дополнительных затрат на модернизацию крана повысить практически на всех вылетах грузоподъемность на 10-15%

ЛИТЕРАТУРА

1. Будущее – превыше всего. [Электронный ресурс] Globoscope - Аналитический веб-журнал. Режим доступа: <http://www.globoscope.ru/content/artic/2594> и 2595
2. Глазьев С.И., Львов Д.С., Фетисов Г.Г. Эволюция техники – экономических систем: возможности и границы централизованного регулирования. – М.: Наука, 1992. – 284 с.
3. Р. McKeown. Nanotechnology: Step into Future \ нанотехнологии: Шаг в будущее. – М.: «Вильямс», 1999. – С. 27
4. Редькин А.В. Автоматизация обеспечения устойчивости самоходных грузоподъемных машин на выносных опорах // Автоматизация и современные технологии. М.: Машиностроение. 2001. - N 8 - С. 7 - 10.
5. Редькин А.В. Методы обеспечения динамической устойчивости мобильных грузоподъемных машин // Автоматизация и современные технологии. М.: Машиностроение. 2004. - N 9 - С. 13 - 15.