

УДК 621.86

## УНИВЕРСАЛЬНАЯ КОМПОНОВОЧНАЯ СХЕМА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКИ КРАНА МОСТОВОГО ТИПА

Гончаров К.А., Денисов И.А.

Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

Предложена универсальная компоновочная схема металлической конструкции грузовой тележки крана мостового типа. Проведён численный анализ предложенной схемы металлоконструкции на примере грузовой тележки мостового крана грузоподъемностью 20 т с использованием метода конечных элементов.

**Ключевые слова:** мостовой кран, грузовая тележка, универсальная схема компоновки, метод конечных элементов.

**DOI:** <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2017-03-01-60-66>

Металлоконструкция грузовой тележки крана мостового типа представляет собой сложную пространственную статически неопределимую раму, воспринимающую нагрузки, действующие со стороны механизмов подъёма и передвижения, перемещаемого груза, ходового пути и тупиковых упоров. Разнообразие прикладываемых к тележке сил и схем их воздействия определяет сложный режим нагружения её металлоконструкции [6].

В работе [5] был проведен анализ конструкций и методов проектирования существующих опорных тележек, по результатам которого были сделаны следующие общие выводы:

1. Регламентированные на данный момент нормативные методики расчёта рам грузовых тележек не обладают достаточной точностью и не полностью отражают реальные условия нагружения металлоконструкции тележки, что приводит к значительному завышению возникающих в ней напряжений.

2. Не существует научно обоснованных нормативных методов для определения максимально допустимой деформации отдельных элементов и всей рамы в зависимости от конструкции, назначения, условий эксплуатации тележки, характеристик установленных механизмов и схем применяемых полиспадов. При этом в большинстве случаев именно условие жесткости является определяющим при расчёте металлоконструкции грузовой тележки.

3. Отсутствуют чёткие рекомендации по применению того или иного типа профиля в различных элементах рамы в зависимости от конструкции тележки и характера её нагружения внешними силами.

4. Разнообразие металлоконструкций грузовых тележек также затрудняет построение их общей универсальной расчётной модели.

5. Уровень напряжений в несущих элементах большинства рам тележек весьма низок и имеются значительные резервы для уменьшения материалоёмкости без ущерба для несущей способности. При этом из-за несовершенства конструкции в отдельно взятых узлах рамы могут развиваться усталостные трещины.

Совершенствование технических решений крановых тележек непосредственно связано как с развитием методов их расчёта, так и с разработкой новых подходов к их конструированию. В настоящей работе предлагается универсальная компоновочная схема металлоконструкции грузовой тележки крана мостового типа.

Предлагаемая схема (рис. 1, а) включает в себя раму 1, которая опирается на колёсные блоки 2. Механизм подъёма груза 3 устанавливается на раме сверху. Механизм подъёма может выполняться модульным или из совмещённых по функциональному назначению узлов. Верхние блоки полиспада механизма подъёма 4 выносятся сверху на раму тележки или могут размещаться в центральном отсеке Х-образной рамы (рис. 2, б). Мотор-редукторы 5 механизма передвижения крепятся непосредственно к колёсным блокам 2.

Принципиальная новизна предлагаемой универсальной компоновочной схемы заключается в исполнении металлоконструкции рамы (рис. 1, б). Основу рамы составляют главные несущие элементы 1, формирующие её Х-образный профиль. Главные несущие элементы

соединяются друг с другом шарнирно (рис. 2) в центральном узле 4 и дополнительно стягиваются связующими звеньями 2 и 3.

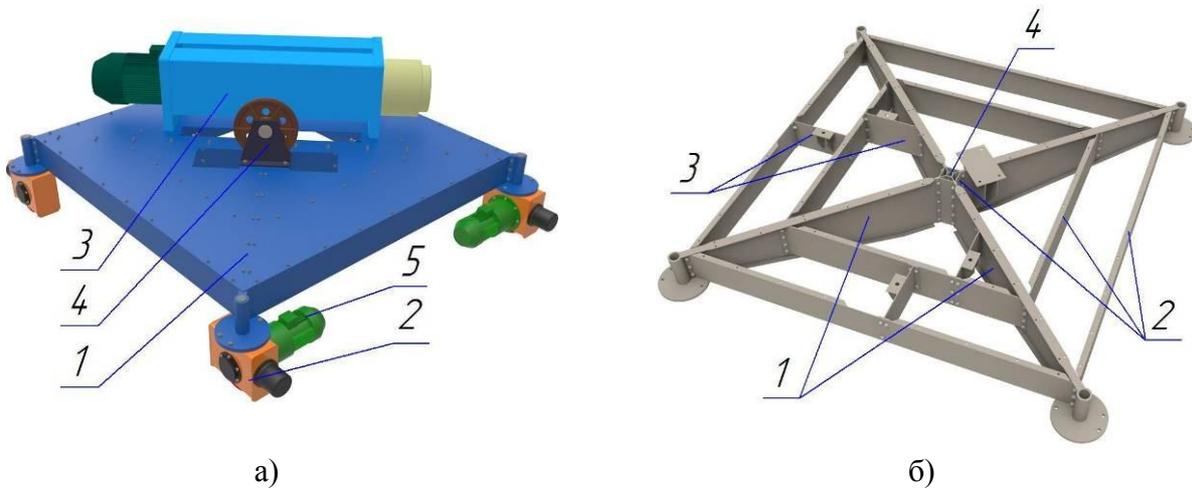


Рис. 1. Конструкция грузовой опорной тележки крана мостового типа:  
а – общий вид тележки; б – металлоконструкция тележки

Наращиванием или уменьшением числа связующих хордовых звеньев 2 формируется конструкция рамы тележки необходимой жесткости в зависимости от количества размещаемых на тележке механизмов подъема и схем их компоновки. Радиальные связующие звенья 3 служат для увеличения местной устойчивости и прочности металлоконструкции тележки в местах крепления механизмов.

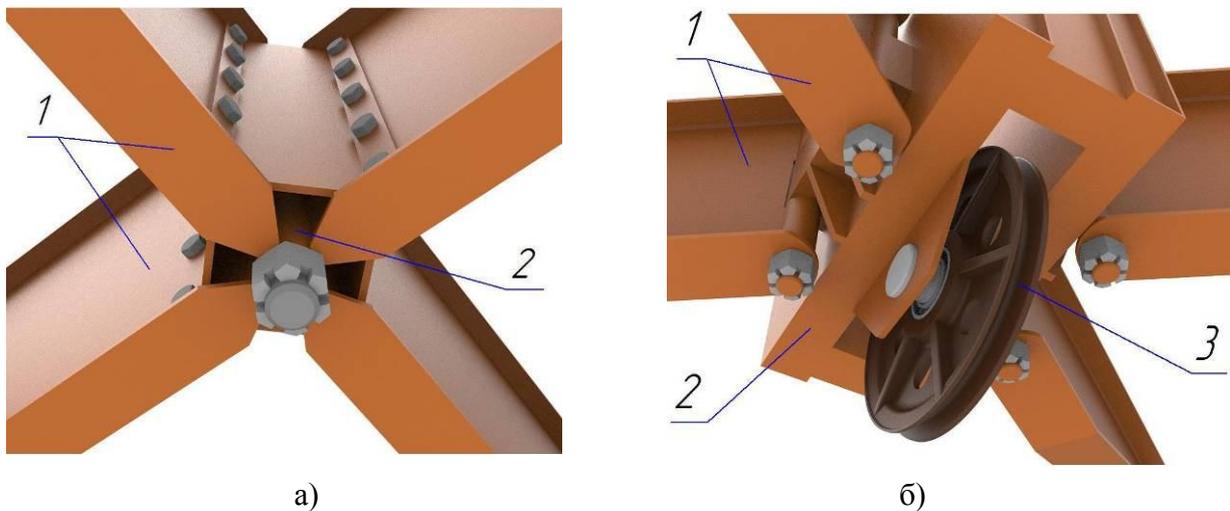


Рис. 2. Схемы центрального узла:  
а – схема без центрального отсека; б – схема с центральным отсеком

Возможны различные варианты исполнения предложенной металлоконструкции тележки, отличающиеся способом соединения элементов рамы тележки и схемой центрального узла (отсека) рамы (рис. 2).

Способ соединения элементов рамы тележки (разъемное или неразъемное соединение) определяется при проектировании в зависимости от требуемых дополнительных эксплуатационных показателей конструкции. В случае существования вероятности реконструкции тележки после определенного периода эксплуатации крана целесообразно использовать разъемные соединения, которые при необходимости позволят дополнительно усилить раму, либо изменить её габаритные параметры – базу и колею (при установке на другой кран). При этом стоит отметить, что применение разъемных соединений дополнительно упрощает

транспортировку и монтаж рамы. В последнем случае главные несущие элементы, соединенные в центральном узле при помощи одного или нескольких шарниров (рис. 2), выставляются на заданные параметры колеи и базы тележки, а затем стягиваются несколькими уровнями хордовых связующих звеньев.

Предлагаемая X-образная конструкция рамы тележки позволяет реализовывать следующие схемы расположения механизмов подъема:

- 1) ось барабана механизма подъема 1 расположена перпендикулярно оси главного несущего элемента 2 (рис. 3, а);
- 2) ось барабана механизма подъема параллельна базе или колее тележки (рис. 3, б).

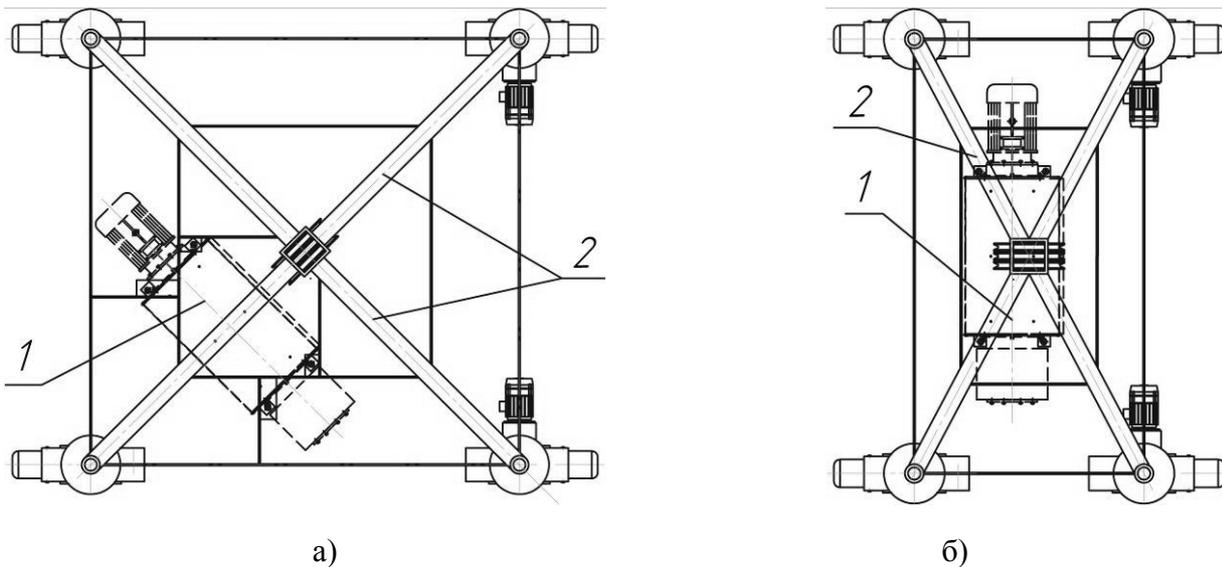


Рис. 3. Варианты расположения механизма подъема:

- а – ось барабана перпендикулярна оси главного несущего элемента;
- б – ось барабана образует с осями главных несущих элементов некий угол

Для общего анализа напряженно-деформированного состояния металлоконструкции тележки, а также предварительного обоснования её прочностных и жесткостных характеристик был произведен расчёт рамы тележки (рис. 1, б) методом конечных элементов с помощью программного пакета ANSYS.

При проведении расчёта использовалась модель с жёсткими неразъёмными соединениями отдельных частей (сварная металлоконструкция). Главные несущие элементы выполнены в виде двутавровых балок переменного сечения, а связующие звенья – в виде двусторонних Г-образных пластин, полки которых служат для опоры и закрепления механизма подъема и другого оборудования. Толщина стенки главных несущих элементов рамы 8 мм, толщина полок, а так же пластин связующих элементов 5 мм, толщина настила тележки 4 мм. Размер колеи тележки совпадает с размером базы и равен 2200 мм.

Материал конструкции задан в виде линейно упругой изотропной модели с характеристиками, свойственными для углеродистых качественных и низколегированных конструкционных сталей.

При генерации сетки была использована возможность моделирования контактных взаимодействий детали. Такой подход позволяет обойти условие точного совпадения всех узлов сетки, что значительно упрощает расчёт конструкций со сложной геометрией, исключая трудоёмкий процесс сшивки сетки в месте контакта различных поверхностей [1]. Размер элементов сетки варьируется в зависимости от узла конструкции и уменьшается в местах сопряжения несущих элементов для уточнения распределения нагрузок и напряжений. Общий вид конечно-элементной сетки показан на рис. 4.

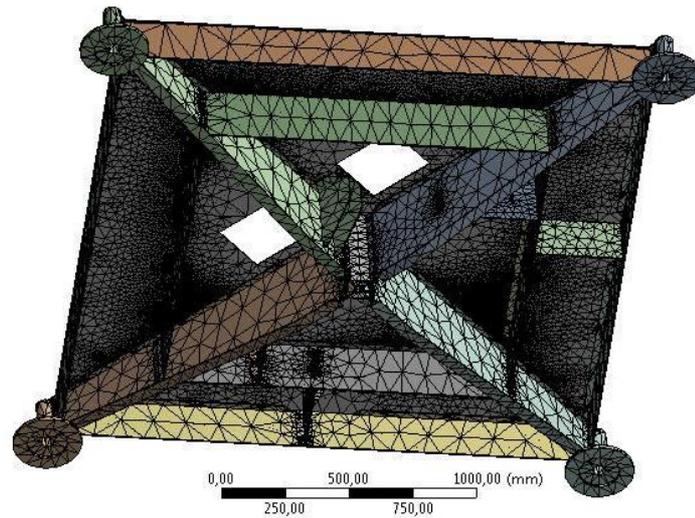


Рис. 4. Общий вид конечно-элементной сетки

По аналогии с металлоконструкцией мостового крана в процессе ограничения степеней свободы рассматриваемой модели требовалось избежать искусственного завышения жёсткости рамы. Поэтому при наложении ограничений были учтены рекомендации, изложенные в [2, 3, 7]. Так в точке А (рис. 5) перемещения ограничены вдоль всех координатных осей, в точке В вдоль осей X и Y, в точке С вдоль осей Z и Y, в точке D только вдоль оси Y. Грузоподъёмность крановой тележки составляет 20 тонн, используется сдвоенный полиспагт кратностью 2. Действующие силы приложены в точках F, G, H к поверхностям, соответствующим опорам механизма подъёма и верхним блокам. Значения действующих усилий определены с учётом коэффициентов перегрузки для нагрузок от веса механизма подъёма  $\gamma_{n2} = 1,2$  и веса груза  $\gamma_{n3} = 1,1$ , а так же коэффициента толчков  $k_m = 1,1$  [4]. Кроме того в расчёте учтена нагрузка от собственного веса рамы, главный вектор которой проходит через точку E.

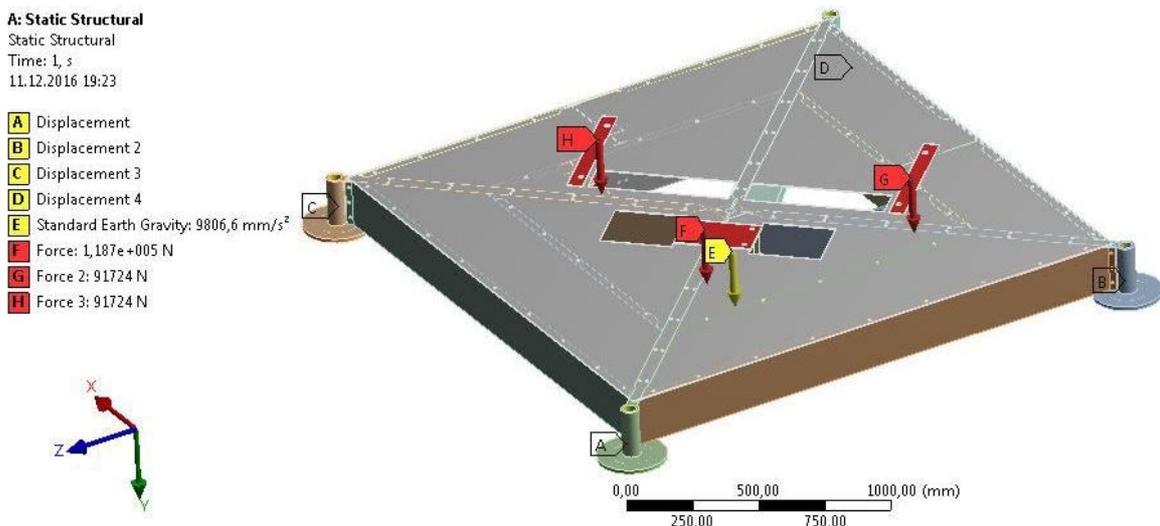


Рис. 5. Расчётная схема металлоконструкции грузовой тележки

Картина распределения напряжений в элементах металлоконструкции грузовой тележки, полученная в результате расчёта, показана на рис. 6. Картина распределения деформаций элементов грузовой тележки от действия приложенной нагрузки – на рис. 7.

Результаты расчётов показывают, что в большинстве сечений элементов грузовой тележки действующие напряжения не превышают 149 МПа. Наиболее нагруженными связую-

щими звеньями является пластины, расположенные под опорами механизма подъёма, где напряжения достигают 202 МПа. На главных несущих элементах присутствуют два участка концентрации значительных местных напряжений. Первый из них из них располагается на нижней полке главного несущего элемента у центрального узла. Напряжения в данной области составляют 242 МПа. Максимальные напряжения в металлоконструкции тележки действуют в месте крепления тележки к колёсным блокам. Они носят локальный характер и достигают 335 МПа в нижней полке главного несущего элемента и 324 МПа в верхней полке.

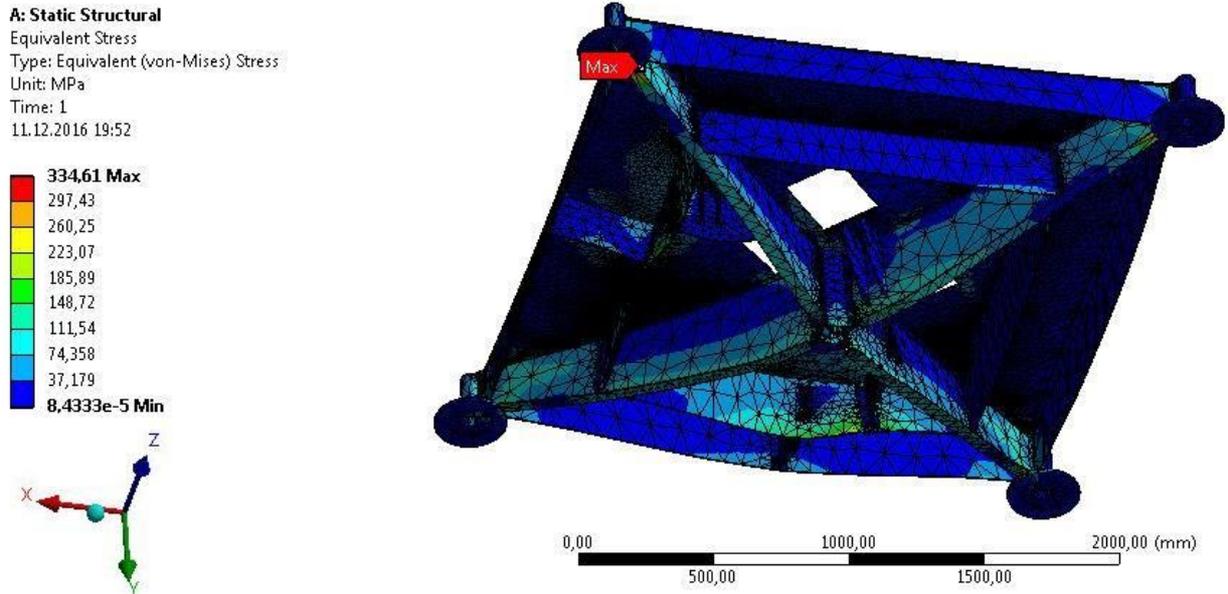


Рис. 6. Картина распределения напряжений в элементах металлоконструкции грузовой тележки

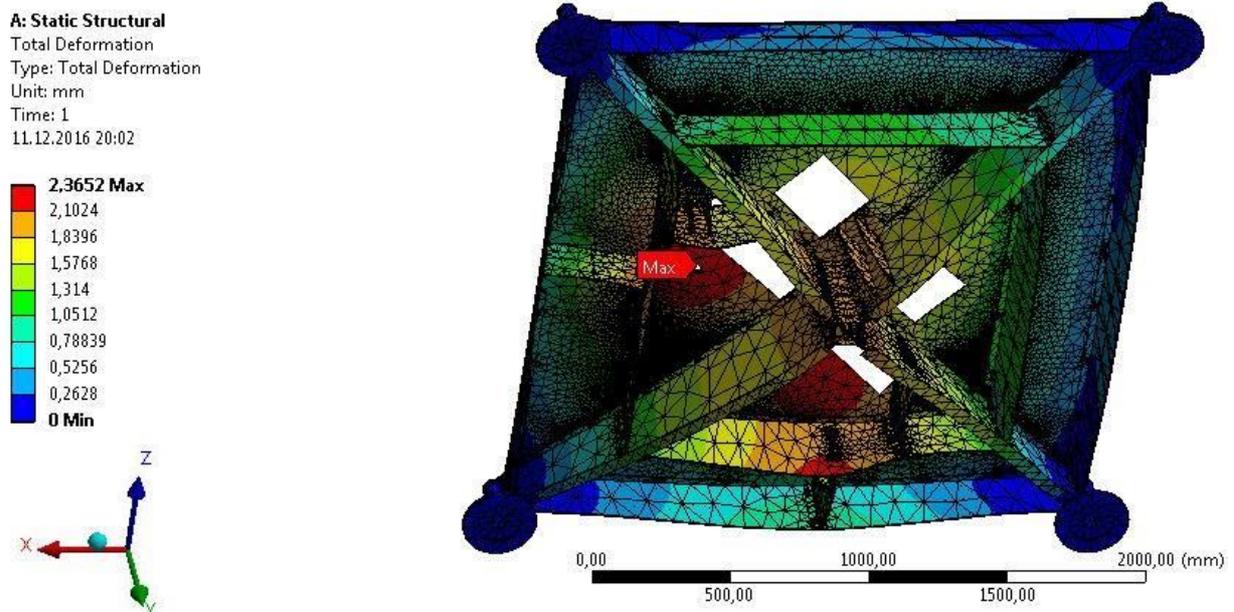


Рис. 7. Картина деформаций элементов грузовой тележки от действия приложенной нагрузки

Максимальные деформации наблюдаются в связующих звеньях и настиле в месте установки механизма подъёма, не превышая значения 2,4 мм.

Проведенный общий анализ напряжённо-деформированного состояния металлоконструкции позволяет сделать следующие выводы:

1. Прочность обеспечена в большинстве сечений элементов металлоконструкции тележки. Максимальные напряжения носят местный характер и снижаются конструктивной доработкой соответствующих узлов.

2. При разработке тележек подобной конструкции следует избегать проектных решений, которые могут привести к возникновению крутящих моментов в элементах рамы.

3. Жесткость металлоконструкции тележки обеспечивается.

При этом стоит отметить ряд следующих обстоятельств:

1. Предложенная конструкция тележки имеет улучшенные массовые характеристики, по сравнению с тележками балочной конструкции. Проведенный анализ показал, что описанная в данной работе металлоконструкция тележки весит на 900 кг меньше своего аналога схожей грузоподъемности производства Харьковского завода ПТО им. Ленина, обладающего следующими характеристиками: грузоподъемность 20 тонн, режим работы 4М, масса сварных конструкций тележки 2170 кг.

2. Представленная схема тележки обладает универсальностью применительно к мостовым кранам и может быть оборудована механизмами любого типа без существенного изменения конструкции, что создает предпосылки для разработки ряда типовых металлических конструкций опорных тележек мостовых кранов общего назначения.

### **Список литературы**

1. Бруйка, В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench / В.А. Бруйка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адвянов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.

2. Вершинский, А.В. Численный анализ металлических конструкций подъемно-транспортных машин / А.В. Вершинский, И.А. Лагереv, А.Н. Шубин, А.В. Лагереv. – Брянск: РИО БГУ, 2014. – 186 с.

3. Вершинский, А.В. Расчет металлических конструкций подъемно-транспортных машин методом конечных элементов / А.В. Вершинский, И.А. Лагереv, А.Н. Шубин, А.В. Лагереv. – Брянск: РИО БГУ, 2015. – 210 с.

4. Гончаров, К.А. Метод предельных состояний при проектировании металлоконструкций подъемно-транспортных машин / К.А. Гончаров. – Брянск: БГТУ, 2015. – 91 с.

5. Денисов И.А. Конструкции и методы проектирования опорных грузовых тележек кранов мостового типа / И.А. Денисов, Д.А. Простаков // Инновационное развитие подъемно-транспортной техники: материалы всерос. науч.-практ. конф. / под ред. К.А. Гончарова. – Брянск: БГТУ, 2016. – 60 с.

6. Лагереv, И.А. Анализ динамической нагруженности мостового крана общего назначения / И.А. Лагереv // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2015. - №1. – С. 49-54.

7. Титов, Н.А. Нелинейные конечноэлементные расчеты в задачах прочности подъемно-транспортных машин / Н.А. Титов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2012. - №2. – С. 51-58.

### **Об авторах**

Гончаров Кирилл Александрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Подъемно-транспортные машины и оборудование» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», *ptm\_bstu@mail.ru*.

Денисов Илья Александрович – аспирант кафедры «Подъемно-транспортные машины и оборудование» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», *ilia.denisow@yandex.ru*.

## MULTIPURPOSE LAYOUT DRAWING OF METALWARE OF BRIDGE CRANE LOAD TROLLEY

Goncharov K.A., Denisov I.A.

Bryansk State Technical University, Bryansk, Russian Federation

Multipurpose layout drawing of metalware of bridge crane load trolley is proposed. The numerical analysis of proposed layout drawing is conducted using the example of bridge crane load trolley with capacity of 20 t. This analysis is carried out using the finite element method.

**Keywords:** bridge crane, load trolley, multipurpose layout drawing, finite element method.

**DOI:** <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2017-03-01-60-66>

### References

1. Bruyaka A.V., Fokin V.G., Soldusova E.A., Glazunova N.A., Advyanov I.E. *Inzhenernyyu analiz v ANSYS Workbench* [Engineering analysis in ANSYS Workbench]. Samara, Samarskiy Gosudarstvennyy Tekhnicheskiy Universitet, 2010. 271 p.
2. Vershinckii A.V., Lagerev I.A., Shubin A.N., Lagerev A.V. *Chislennyu analiz metallicheskih konstruksiy podyemno-transportnykh mashin* [Numerical analysis of metal constructions of lifting-transport machines]. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy Universitet, 2014. 186 p.
3. Vershinskii A.V., Lagerev I.A., Shubin A.N., Lagerev A.V. *Raschet metallicheskih konstruksiy podyemno-transportnykh mashin metodom konechnykh elementov* [Calculation of metal constructions of lifting-transport machines by finite element method]. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy Universitet, 2015. 210 p.
4. Goncharov K.A. *Metod predelnykh sostiyaniy pri proektirovanii metallicheskih konstruksiy podyemno-transportnykh mashin* [The method of limiting states in the design of metal constructions of lifting-transport machines]. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy Tekhnicheskiy Universitet, 2015. 91 p.
5. Denisov I.A., Prostavkov D.A. Constructions and design methods of support trolleys of bridge type cranes [Konstruksii i metody proektirovaniya opornykh gruzovykh telezhek kranov mostovogo tipa] *Sbornik materialov vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Innovatsionnoe razvitie podyemno-transportnoy tekhniki*. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy Tekhnicheskiy Universitet, 2016, pp. 36-43.
6. Lagerev I.A. Overhead crane dynamics simulation, *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, No.1, pp. 49-54.
7. Titov N.A. Nonlinear finite element calculations in problems of strength of lifting-transport machines, *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, No.2, pp. 51-58.

### Authors' information

Kirill A. Goncharov – PhD in Technical Sciences, associate Professor, head of the Department "Handling machinery and equipment" at Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia, [ptm\\_bstu@mail.ru](mailto:ptm_bstu@mail.ru).

Iliya A. Denisov – postgraduate student of the Department "Handling machinery and equipment" at Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia, [ilia.denisow@yandex.ru](mailto:ilia.denisow@yandex.ru).

Дата публикации  
(Date of publication):  
25.03.2017

