

УДК 621.86

DOI:

К.А. Гончаров, И.А. Денисов

## ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОПОРНЫХ ТЕЛЕЖЕК КРАНОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ МОСТОВОГО ТИПА С УЧЁТОМ УНИВЕРСАЛЬНОЙ КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ ИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ

Рассмотрен подход к конструированию и компоновке тележек мостовых кранов общего назначения с учётом универсальной компоновочной схемы, представляющей собой крестообразную раму с изменяемым углом между несущими элементами. Описаны основные способы формирования компоновки подобных тележек, а также пред-

ложен принцип формирования металлоконструкции тележки из универсальной компоновочной схемы.

**Ключевые слова:** мостовой кран, грузовая тележка, металлоконструкция, универсальная компоновочная схема, опорные точки, диагональные несущие элементы.

К.А. Goncharov, I.A. Denisov

## APPROACH TO SUPPORT TRUCK DESIGN FOR GENERAL PURPOSE CRANES OF BRIDGE TYPE TAKING INTO ACCOUNT UNIVERSAL LAYOUT DIAGRAM OF THEIR METAL STRUCTURE

Support metal structures of trucks represent complex systems statically indefinable the arrangement of which varies depending on many parameters. A similar variety of influencing factors resulted in the emergence in practice a great number of the possible fulfillments of truck support metalwork. And at the same time, there are no common technical views regarding the problems of designing support trucks for bridge-type cranes of a general purpose and also the existing approaches to the design are combined conditionally by a “vertical” procedure of design – from the arrangement of mechanisms to the arrangement of a truck on the whole.

As a basis of the approach offered serves the application of a universal arrangement scheme of a truck metalwork which is a cross-line frame with a variable angle between bearing elements. At the arrangement of a similar truck, and being aware of the

list of possible design solutions and specifying parameters of mechanisms one can carry out the whole of the complex of computations with the use of parameter models and offer ready recommendations on the choice of the truck metalwork parameters for this or that scheme of the arrangement with the corresponding characteristics.

This approach to the design and arrangement of trucks for the bridge cranes of a general purpose may simplify considerably the process of truck design, and increase its efficiency at the expense of the application of standard circuits of their metalwork with the possibility of the formation of truck geometric parameters (base and gauge) essential for different cranes at the predicted behavior of metalwork elements.

**Key words:** bridge crane, truck, metalwork, universal layout diagram, bearing points, diagonal bearers.

### Введение

Опорные металлоконструкции грузовых тележек представляют собой сложные статически неопределимые системы, компоновка которых варьируется в зависимости от большого числа параметров: количества механизмов подъёма груза, компоновки верхних блоков, гибкого или жесткого подвеса груза, типа применяемых ко-

лёсных установок, компоновки механизма передвижения тележки, требуемой жёсткости рамы и т. д. Подобное разнообразие факторов влияния привело к появлению на практике большого числа возможных исполнений опорных металлоконструкций тележек [3].

### Существующие методики проектирования грузовых тележек

При всём разнообразии металлоконструкций тележек опорного типа мостовых кранов в отечественной школе крано-

строения их объединяет условно «вертикальная» методика проектирования – от компоновки механизмов к компоновке те-

лежки в целом, что может быть представлено в виде

схемы (рис. 1).

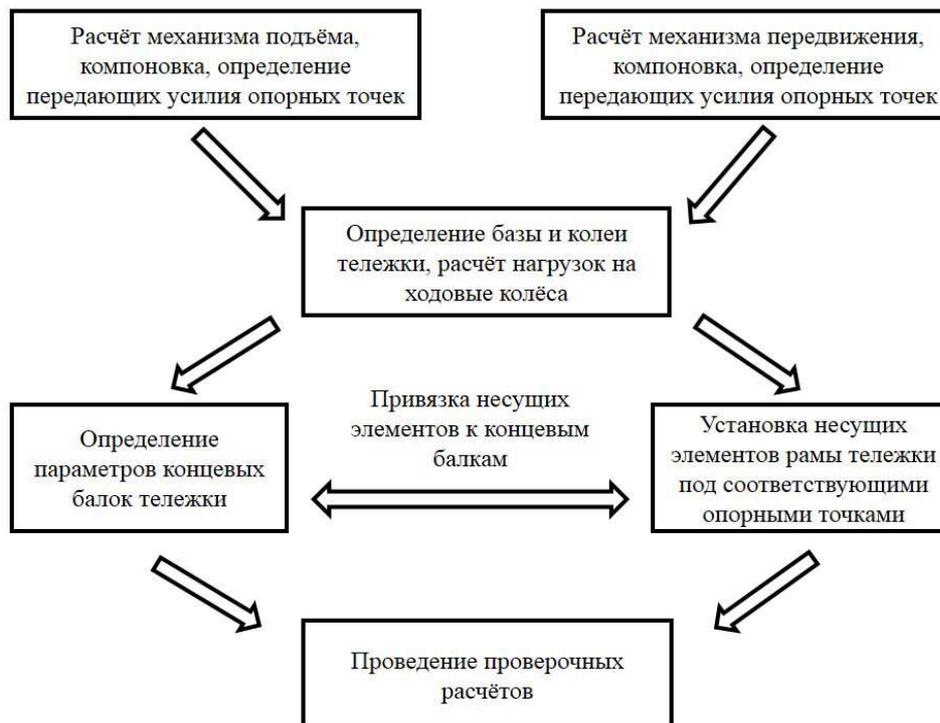


Рис. 1. «Вертикальная» методика проектирования грузовой тележки

В работе [1] предложена обобщенная модель грузоподъемной машины, построенная на основе системного подхода. Базисом подхода служит связь трёх взаимодействующих факторов: человек – грузоподъемная машина (ГПМ) – окружающая среда. При этом обобщенная модель в расчётных подсистемах представляется в виде мультиграфа, вершины которого определяют условия изготовления, эксплуатации, особенности конструкции ГПМ, управляющие воздействия оператора, перемещения элементов машины и груза, состояние машины и её элементов, качественные показатели машины. На основе описанного системного подхода авторами [1] предлагается структурная схема решения задач анализа конструкции ГПМ, по сути представляющая собой циклический алгоритм проектирования ПТМ (в частности грузовой тележки) с использованием последовательных приближений. В указанной схеме данные по конструкции машины используются в качестве исходных для дальнейшего построения расчётных моделей, определения нагрузок, напряжений и т. д., то есть за основу взят метод проектирования по ана-

логии с постоянным циклическим улучшением исходной конструкции. В качестве основных недостатков данного подхода можно отметить высокую трудоёмкость, неопределённость и нестабильность значений ряда влияющих на конструкцию параметров (воздействий оператора, эксплуатационных издержек и т. п.), при определенной квалификации инженерного персонала возможно наличие в конечной конструкции недостатков начальной, взятой за основу.

В качестве ещё одного подхода к проектированию и совершенствованию конструкций крановых тележек можно отметить точечную оптимизацию их отдельных узлов. Указанный подход становится всё более распространённым и объясняет положительные результаты своего использования применением постоянно совершенствующихся компьютерных технологий в области машиностроения. Однако и в основе такого подхода лежит метод проектирования по аналогии в части выбора базовой конструкции того или иного узла для его дальнейшей оптимизации, что влечёт за собой возможность проявления ряда

описанных выше недостатков, характерных для указанного метода.

Если рассматривать процесс проектирования металлоконструкции крановой тележки, то оптимизация отдельных её узлов (к примеру колёсных установок) может значительно повлиять на проектируемую металлоконструкцию (изменяется конфигурация концевых опорных балок тележек; особенности узлов крепления колёсных установок к концевым опорным балкам формируют собственную уникальную картину распределения местных напряжений

### Описание предлагаемого подхода

В основе предлагаемого подхода лежит применение универсальной компоновочной схемы металлоконструкции тележки [2], которая представляет собой крестообразную раму с изменяемым углом между несущими элементами. Возможность изменения угла поворота способствует реализации различных соотношений базы и колеи тележки (рис. 2).

С учётом потенциальных возможностей применения универсальной компоновочной схемы металлоконструкции крано-

на этих участках, что требует дополнительных усилий по изменению апробированных расчётных схем при проверке на прочность, устойчивость, жёсткость и усталость).

Из всего изложенного можно сделать вывод об отсутствии единых методических взглядов на вопросы проектирования опорных тележек кранов мостового типа общего назначения, заключающихся в реализации последовательности проектирования от металлоконструкции к механизмам, размещаемым на тележке.

вой тележки предлагается алгоритм проектирования последней (рис. 3).

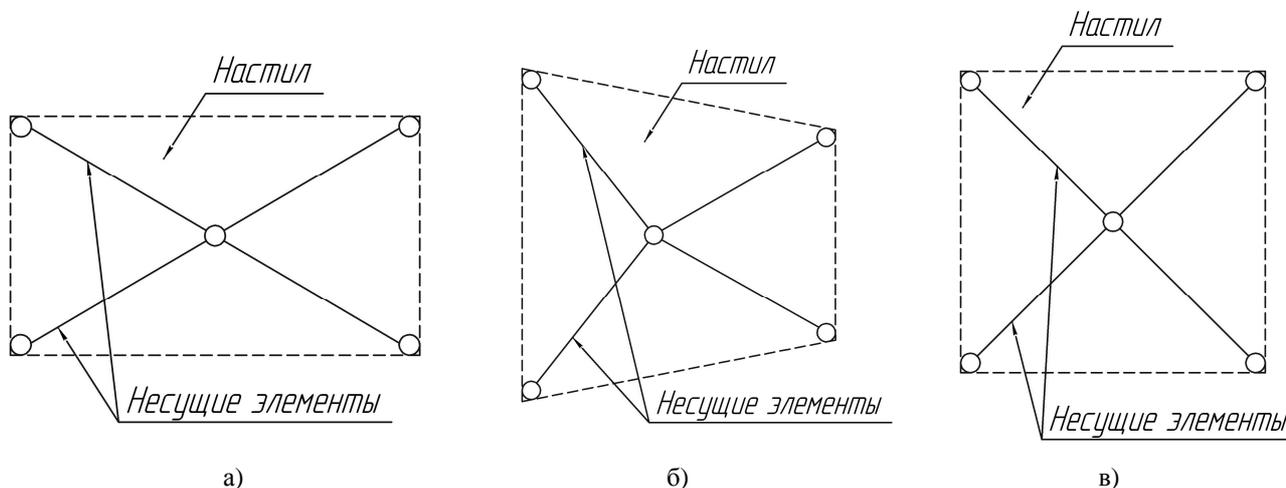


Рис. 2. Варианты соотношений базы и колеи тележек:  
а – колея тележки не равна базе; б – размер базы тележки изменяется при постоянной колее;  
в – колея и база тележки равны.

Если анализировать предложенный алгоритм, то можно отметить один важный элемент: компоновочная схема металлоконструкции тележки формируется без проведения дополнительных проверочных расчётов. Данное обстоятельство является преимуществом применения типовых компоновочных схем, так как при компоновке

на тележке одного или двух механизмов подъёма в комплексе с механизмами передвижения существует достаточно ограниченное количество возможных конструктивных решений, зная которые и задаваясь параметрами механизмов, базы и колеи тележки можно провести весь комплекс расчётов с использованием параметрических

моделей и предложить готовые рекомендации по выбору параметров металлоконструкции тележки для той или иной схемы

компоновки с соответствующими характеристиками.

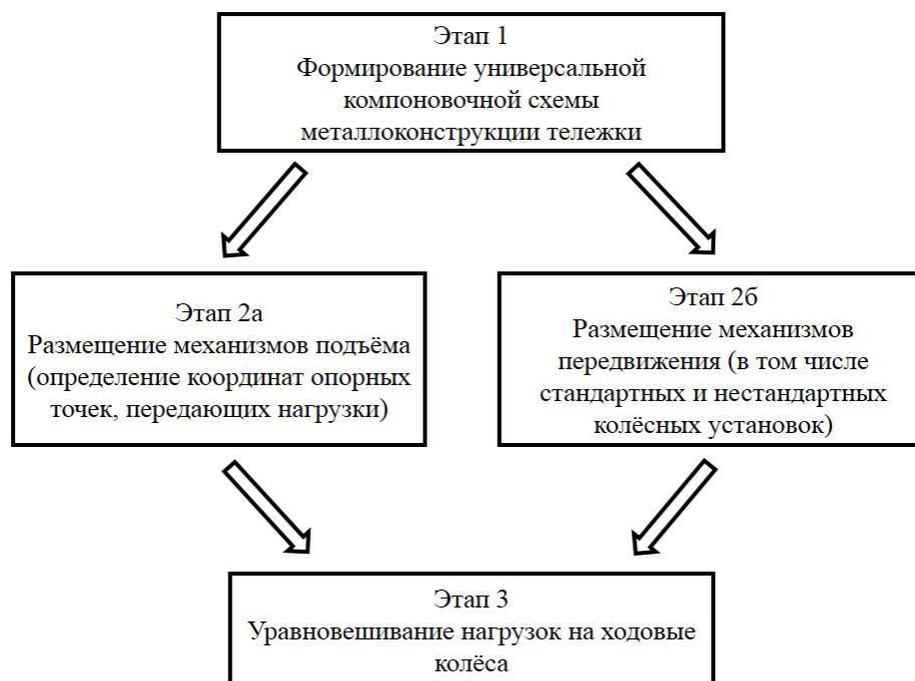


Рис. 3. Предложенный алгоритм проектирования крановой тележки

В общем виде для мостовых кранов общего назначения схемы компоновки определяются пятью конструктивными факторами, взаимодействие которых можно представить в виде графа (рис. 4).

Из анализа графа (рис. 4) можно сделать вывод о наличии шести принципиальных схем компоновки, внутри которых изменения определяются координатами точек передачи нагрузки на металлоконструкцию.

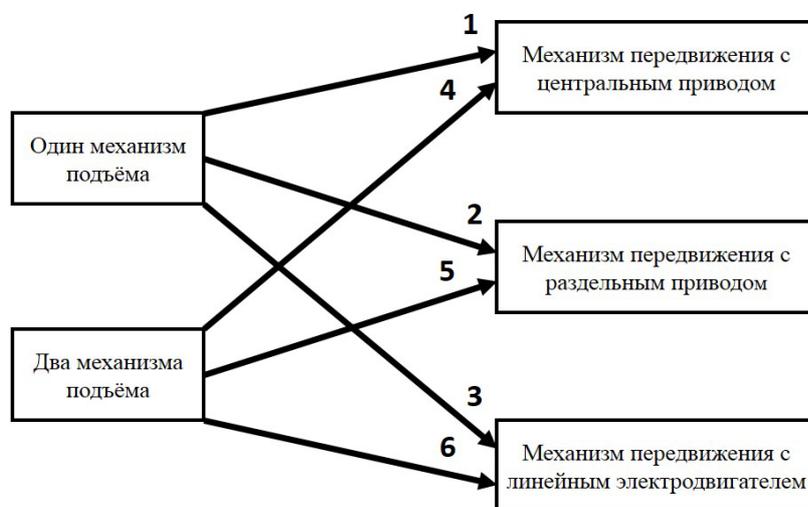


Рис. 4. Граф взаимодействия конструктивных факторов,

Указанные точки передачи нагрузки со стороны воздействия на металлоконструкцию приближённо можно разделить на следующие группы:

1. Опорные точки кронштейнов верхних блоков в совокупности с точками крепления каната к металлоконструкции при применении одинарного полиспаста (с увеличением кратности применяемого полиспаста передают наибольшие из приложенных к металлоконструкции нагрузок: при кратности  $a = 1$  и  $a = 2$  нагрузки соразмерны нагрузкам от опор барабана, при  $a = 3$  – превышают их в 2 раза, при  $a = 4$  – в 3 раза).

2. Точки контакта опор барабанов с металлоконструкцией (в определённых случаях нагрузки соразмерны нагрузкам в опорных точках верхних блоков).

3. Точки контакта элементов механизмов с металлоконструкцией.

Описанные группы формируют следующие тенденции размещения механизмов в рамках универсальной компоновочной схемы крановой тележки:

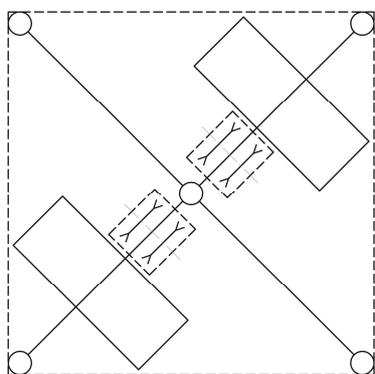
1. Опорные точки третьей группы в меньшей степени влияют на равномерность распределения нагрузок на ходовые колёса тележек, в связи с чем допустимо их произвольное расположение в плоскости тележки с возможностью уравнивания указанных нагрузок стационарными противовесами на главных диагональных несущих элементах рамы.

2. Координаты опорных точек второй группы при кратности полиспаста механизма подъёма  $a \geq 3$  практически не влия-

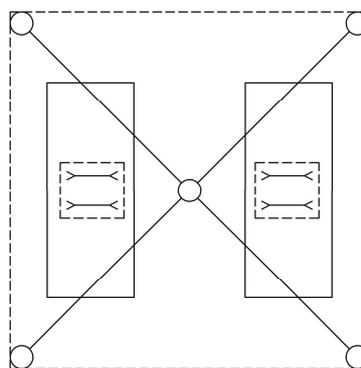
ют на формирование положения крюковой подвески, в связи с чем положение барабанов и их опорных точек определяется рекомендациями [2]: продольная ось барабана может располагаться либо перпендикулярно оси диагонального несущего элемента рамы, либо параллельно базе или колее тележки. В этом случае уравнивание нагрузок на ходовые колёса может также осуществляться стационарными противовесами (по аналогии с предыдущим пунктом). При меньшей кратности полиспаста расположение барабана может быть произвольным при обеспечении центрального положения крановой подвески при работе с грузом, а также беспрепятственного прохождения грузового каната через элементы металлоконструкции.

3. Положение верхних блоков в значительной степени формирует положение крюковой подвески, в связи с чем их целесообразно размещать в центре металлоконструкции тележки с расположением под настилом или выносом на настил [2].

4. При наличии двух механизмов подъёма на тележке их следует размещать по рекомендациям пункта 2 при кратности полиспаста  $a \geq 3$ . Верхние блоки при этом целесообразно размещать под настилом (рис. 5).



а)



б)

Рис. 5. Варианты компоновки тележки с двумя механизмами подъёма:  
 а – барабаны перпендикулярны диагональным несущим элементам;  
 б – барабаны параллельны базе или колее тележки

Уравновешивание нагрузок на ходовые колёса в данном случае может осуществляться как стационарными, так и передвижными противовесами, расположенными на диагональных несущих элементах металлоконструкции.

Схема процесса компоновки крановых тележек при использовании универсальной компоновочной схемы металлоконструкции тележки и приведённых выше тенденций размещения механизмов с учётом графа на рис. 4 представлена на рис. 6.

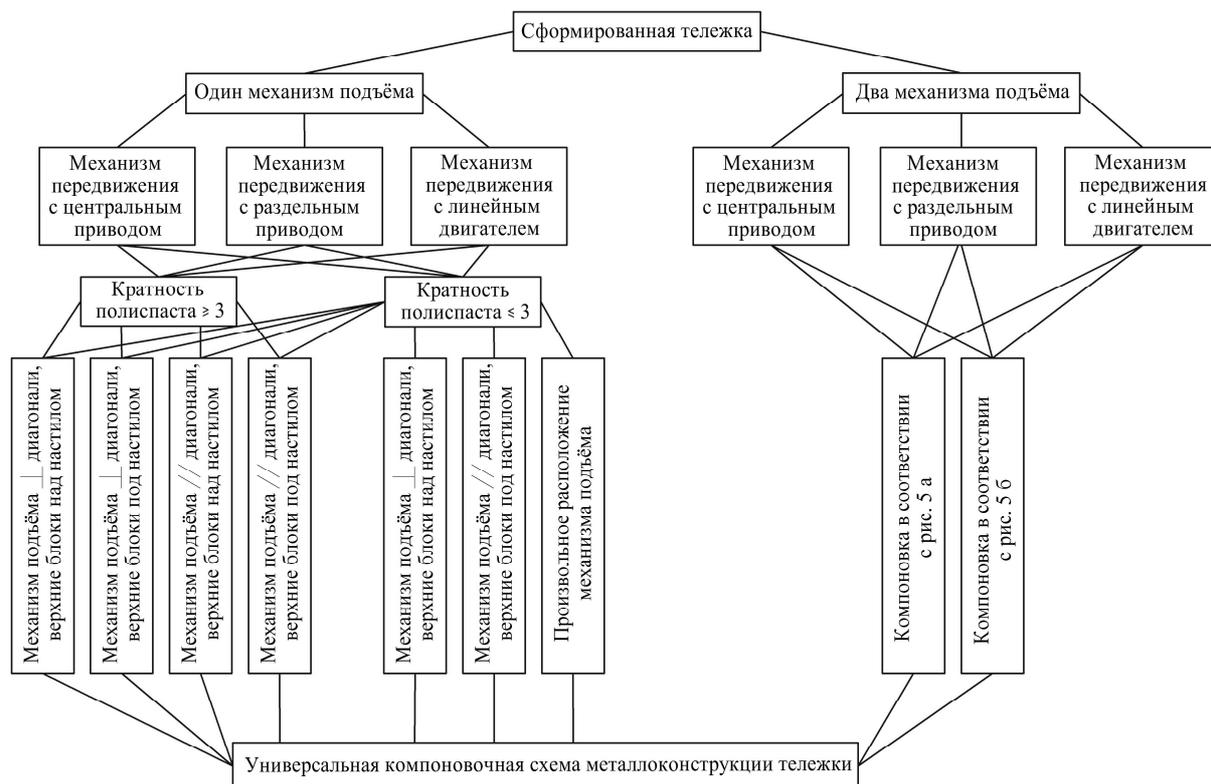


Рис. 6. Схема процесса компоновки крановых тележек при использовании универсальной компоновочной схемы металлоконструкции

При компоновке тележки по любому из путей, формируемых схемой на рис. 6, возникнет необходимость реализации ряда конструктивных мер, направленных на обеспечение местной прочности, устойчивости, а также общей жёсткости полученной металлоконструкции в зонах, соответ-

ствующих координатам расположения опорных точек всех трёх групп. Подобная реализация обеспечивается установкой дополнительных радиальных и хордовых связующих звеньев [2]. Их параметры определяются в процессе расчёта с учётом уровня действующих локальных нагрузок.

### Заключение

Предложенный в данной работе подход к конструированию и компоновке тележек мостовых кранов общего назначения с учётом универсальной компоновочной схемы их металлоконструкций при прове-

дении всего комплекса запланированных исследований может значительно упростить процесс проектирования тележек и повысить его эффективность за счёт применения типовых схем их металлоконст-

рукций с возможностью формирования необходимых для различных кранов геометрических параметров тележек (базы и колес) при прогнозируемом поведении элементов металлоконструкции.

Предложенный принцип формирования металлоконструкции тележки из универсальной компоновочной схемы после-

довательной надстройкой радиальных и хордовых несущих элементов на главные диагональные с компенсацией напряжений под соответствующими опорными точками по своей сути способствует минимизации массы металлоконструкции тележки, так как не оперирует балочными элементами стандартных сечений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брауде, В.И. Системные методы расчёта грузоподъёмных машин: учеб. пособие / В.И. Брауде, М.С. Тер-Мхитаров. – Л.: Машиностроение, 1985. – 181 с.
2. Гончаров, К.А. Универсальная компоновочная схема металлоконструкции грузовой тележки крана мостового типа / К.А. Гончаров, И.А. Денисов // Научно-технический вестник

1. Braude, V.I. System Methods for Pick-and-Place Machines Computations: manual / V.I. Braude, M.S. Ter-Mkhitarov. – L.: *Mechanical Engineering*, 1985. – pp. 181.
2. Goncharov, K.A. Universal arrangement circuit for truck metalwork of bridge crane / K.A. Goncharov, I.A. Denisov // *Scientific-Engineering Bulletin of*

Брянского государственного университета. – 2017. – № 1. – С. 60-66.

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

*Bryansk State University*. – 2017. – № 1. – pp. 60-66.

3. Denisov, I.A. Designs and methods of design of support trucks for bridge cranes / I.A. Denisov, D.A. Prostakov // *Innovation Development of Pick-and-Place Equipment: Proceedings of All-Russian Scientific-Practical Conf.* /under the editorship of K.A. Goncharov. – Bryansk: BSTU, 2016. – pp. 60.

*Статья поступила в редколлегию 3.04.17.*

*Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета Реутов А.А.*

#### Сведения об авторах:

**Гончаров Кирилл Александрович**, к.т.н, доцент, зав. кафедрой «Подъёмно-транспортные машины и оборудование» Брянского государственного технического университета, e-mail: [ptm@tu-bryansk.ru](mailto:ptm@tu-bryansk.ru).

**Goncharov Kirill Alexandrovich**, Can. Eng., Assistant Prof., Head of the Dep. “Pick-and-Place Machinery and Equipment”, Bryansk State Technical University, e-mail: [ptm@tu-bryansk.ru](mailto:ptm@tu-bryansk.ru).

**Денисов Илья Александрович**, аспирант кафедры «Подъёмно-транспортные машины и оборудование» Брянского государственного технического университета, e-mail: [ilia.denisow@yandex.ru](mailto:ilia.denisow@yandex.ru).

**Denisov Ilya Alexandrovich**, Post graduate student of the Dep. “Pick-and-Place Machinery and Equipment”, Bryansk State Technical University, e-mail: [ilia.denisow@yandex.ru](mailto:ilia.denisow@yandex.ru).