

## ГРУЗОВАЯ ПОДВЕСКА ДЛЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МОСТОВЫХ КРАНОВ<sup>1</sup>

*В.М. Романенко, А.А. Полев, В.И. Матвеевко*

Представлен анализ использования мостовых кранов на работах по подъему и перемещению грузов с применением автоматических грузозахватных устройств и обоснована целесообразность оборудования их грузовыми подвесками, обеспечивающими позиционированное перемещение груза и его ориентирование машинистом крана. Для эксплуатируемых мостовых кранов предложена пространственная грузовая подвеска с использованием самоустанавливающихся блоков с встроенным автоматическим тормозом, обеспечивающая возможность выполнения краном функций манипулятора. Представлены основные результаты теоретических проработок и экспериментальных исследований на изготовленном действующем макете.

Ключевые слова: ориентирование груза, мостовой кран

При выполнении работ по подъему и перемещению грузов кранами в настоящее время широко используются автоматические и полуавтоматические грузозахватные устройства различных конструкций. Это способствует сокращению затрат ручного труда на выполнение строповочных операций и улучшению его условий. Только на Могилевском комбинате силикатных изделий (МКСИ) при выполнении мостовыми кранами технологических подъемно-транспортных операций на линиях производства газосиликатных блоков, стеновых панелей и отгрузке готовой продукции используется около десятка автоматических грузозахватных устройств. Однако гибкий, на канатах, подвес этих устройств в мостовых кранах требует ручного выполнения операций по их успокаиванию и ориентированию как при наведении на захватываемый груз, так и при укладке последнего на требуемое место из-за раскачиваний при горизонтальном перемещении. Выполнение этих операций также сложно и небезопасно, особенно при работах на открытых площадках и в стесненных условиях, например в кузове транспортного средства. Кроме того, в соответствии с требованиями п. 413 [1] при подъеме и опускании груза нахождение людей в кузове транспортного средства не допускается, что приводит к дополнительным трудовым затратам и времени на перемещение стропальщика.

Согласно хронометражным наблюдениям, проведенным на МКСИ, продолжительность выполнения операций по успокаиванию и ориентированию составляет до 30... 40 % от общей продолжительности цикла работы крана. Раскачивания затрудняют прицельное наведение грузозахватного устройства на груз и укладку груза в штабель или кузов транспортного средства. Особенно это относится к крупногабаритным и длинномерным грузам. Раскачивания часто гасятся контактом груза о штабель или кузов, что сказывается на их сохранности. Для обеспечения более полной сохранности груза и транспортных средств, краны должны быть оборудованы устройствами для гашения крутильных и маятниковых колебаний [2]. Штучные грузы при хранении можно

---

<sup>1</sup> Работа выполнена на кафедре «Строительно-дорожные машины и оборудование»

укладывать в штабеля высотой 6 – 8 м. Однако ручное выполнение операций по укомплектованию и ориентированию не позволяет формировать штабеля высотой 2,0...2,5 м и предусматривает проходы между штабелями шириной 1,0...1,5 м, что приводит к значительному недоиспользованию вместимости складов.

В современных условиях краны, используемые на выполнении работ по подъему и перемещению однородных грузов должны выполнять как можно больше число операций с грузом, и, прежде всего, наведение грузозахватного устройства на груз, захват последнего, укладку его на требуемое место и освобождение без участия подкрановых рабочих, т.е. выполнять функции манипулятора.

Принимая во внимание большое количество эксплуатируемых мостовых кранов и усиление требований по обеспечению промышленной безопасности, задача по оборудованию их устройствами и приспособлениями, обеспечивающими позиционированное перемещение груза и его ориентирование машинистом крана, является весьма актуальной.

Для обеспечения возможности позиционированного (без раскачиваний) перемещения груза и его ориентирования машинистом крана, т.е. выполнения краном функций манипулятора, используются комбинированные и пространственные грузовые подвески. Конструкция этих подвесок обеспечивает кинематическую связь между грузовой тележкой крана и грузом в горизонтальной плоскости, требуемой жесткости.

Комбинированные грузовые подвески с использованием шарнирно-рычажных механизмов типа «Нюрнбергские ножницы» и телескопических колонн [3, 4, 5] сложны, громоздки и недолговечны. Их применение в эксплуатируемых мостовых кранах требует снижения полезной грузоподъемности крана и высоты подъема из-за чего они не нашли широкого применения.

Наиболее перспективны в этом плане пространственные грузовые подвески, обладающие компактностью, гораздо меньшей металлоемкостью и более высокой надежностью.

Традиционная пространственная грузовая подвеска представляет собой усеченную трех- или четырехгранную пирамиду, образованную ветвями грузового каната, расположенными по кантам пирамиды. При подъеме и опускании груза размеры верхнего (большого) и нижнего (меньшего) основания пирамиды не изменяется, изменяется только высота пирамиды.

Известны пространственные грузовые подвески [6, 7, 8] в виде четырехгранных призм с вертикальным и наклонным расположением ветвей грузового каната в плоскостях граней призмы. Горизонтальные составляющие натяжения наклонных ветвей каната обеспечивают необходимую кинематическую связь между грузовой тележкой крана и грузом в горизонтальной плоскости. Это позволяет производить горизонтальное перемещение груза без раскачиваний и его поворот вокруг вертикальной оси приводом.

Использование известных подвесок в эксплуатируемых двух балочных мостовых кранах затруднительно из-за необходимости оборудования механизма подъема дополнительным грузовым барабаном и увеличения расстояния между главными балками крана. Кроме того, в указанных подвесках используются блоки с неподвижной осью вращения, или с возможностью ее плоскопараллельного перемещения. При подъеме и опускании груза плоскость этих блоков остается неизменной, а угол набегания, и сбегания канатов, особенно в пирамидальных подвесках, изменяется до 60°...80° и более. По условию обеспечения нормального набегания и сбегания каната с блока этот угол ограничивается в пределах  $\pm 8^\circ \dots 10^\circ$  [6]. При увеличении этого угла значительно воз-

растают силы трения о реборды блока, что приводит к более интенсивному их износу и дополнительным энергозатратам.

В целях совершенствования конструкции пространственных грузовых подвесок в их канатоблочных системах предлагается использовать самоустанавливающиеся блоки. Такой блок представлен на рис. 1 и имеет возможность поворота вокруг дополнительного шарнира, ось которого расположена в плоскости блока и совпадает с продольной осью отрезка каната на участке между соседними блоками. Дополнительный шарнир оборудован подшипниками качения, а в одном из пальцев предусмотрено отверстие для прохождения каната. Таким образом, блок имеет возможность вращения и поворота вокруг двух взаимно перпендикулярных осей. Поворот блока вокруг дополнительного шарнира производится самим канатом при изменении угла его наклона без каких-либо ограничений, так, что канат и блок всегда располагается в одной плоскости.

Одним из вариантов пространственной грузовой подвески с использованием самоустанавливающихся блоков представлен на рис. 2. Нижние самоустанавливающиеся блоки 1 крепятся к раме 2, к которой с помощью вертикального поворотного вала 3 подвешивается автоматическое грузозахватное устройство 4, оборудованное приводом 5 для поворота его вокруг вертикальной оси.

Верхние самоустанавливающиеся блоки 6 крепятся по периметру горизонтальной рамы 7, расположенной ниже главной балки крана и жестко прикрепленной к раме грузовой тележки с помощью кронштейна 8. В такой подвеске использовано восемь самоустанавливающихся блоков и два обычных блока с образованием сдвоенного трехкратного полиспаста.

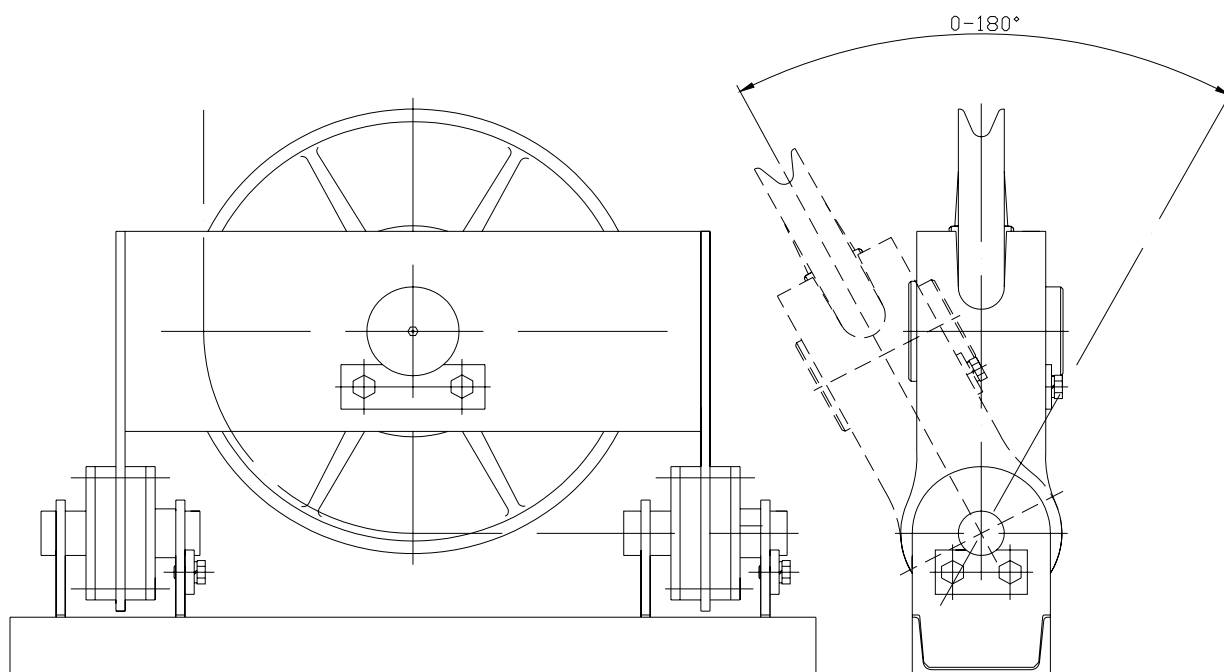


Рис. 1. Самоустанавливающийся блок

Верхние и нижние самоустанавливающиеся блоки оборудованы встроенными автоматическими многодисковыми тормозами с электромагнитным размыканием. При подъеме и опускании груза тормоза разомкнуты, и наклонные ветви каната свободно перематываются через верхние и нижние блоки. При этом каждая наклонная ветвь каната и блок постоянно располагаются в одной плоскости, что исключает трение каната

о реборды блока, что способствует увеличению их срока службы и к.п.д. канатоблочной системы.

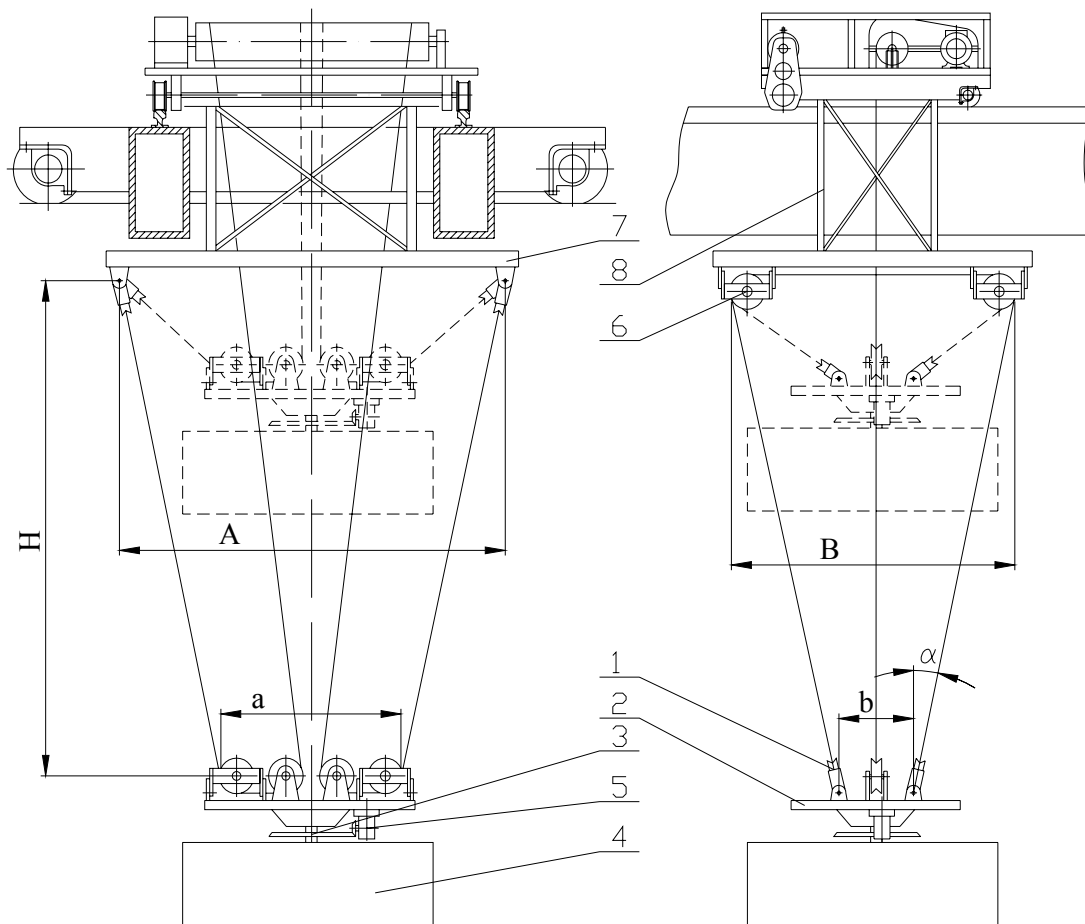


Рис. 2. Пространственная грузовая подвеска

При горизонтальном перемещении груза или повороте его вокруг вертикальной оси приводом многодисковые тормоз автоматически замыкаются при отключении механизма подъема и силы трения наклонных ветвей каната о заторможенные блоки удерживают груз от раскачиваний и крутильных колебаний. Это обеспечивает возможность позиционированного перемещения груза и его ориентирования машинистом крана.

Основными параметрами элементов конструкции пространственной грузовой подвески является размеры верхнего (A, B) и нижнего (a, b) оснований усеченной пирамиды, образованной наклонными ветвями каната, максимальное натяжение каната ( $S_{\max}^c$ ) от статического действия силы тяжести груза, максимальное натяжение каната с учетом дополнительного действия силы инерции груза ( $S_{\max}^d$ ) и необходимый тормозной момент тормоза блока ( $M_T$ ).

Линейные параметры грузовой подвески (A, B) желательно принимать конструктивно наибольшими, а (a, b) – конструктивно наименьшими. Так для наиболее распространенных мостовых кранов грузоподъемностью 5 и 10 т с высотой подъема груза  $H = 7-8$  м эти параметры можно принять:  $A = 3$  м;  $B = 2$  м,  $a = 1$  м,  $b = 0,5$  м.

Натяжение каната от статического действия силы тяжести груза составляет

$$S^C = \frac{m_{\Gamma} g}{2(1 + 2 \cos \alpha) \cdot \eta}, \quad (1)$$

где  $m_{\Gamma}$  - масса груза,  $\eta$  - коэффициент полезного действия полиспаста,  $\alpha$  - угол между наклонными ветвями каната и вертикалью,  $g$  – ускорение силы тяжести.

$$\alpha = \arctg \frac{\sqrt{(A - a)^2 + (B - b)^2}}{2H}. \quad (2)$$

На рис. 3 представлена зависимость  $S^C$  от высоты подъема  $H$ . Анализируя эту зависимость можно сделать вывод, что с целью уменьшения максимального значения  $S^C$  рекомендуется высоту подъема груза уменьшать на 1,0...1,5 м. Тогда максимальное натяжение каната составляет

$$S_{\max}^C \approx 0,2 \cdot m_{\Gamma} g. \quad (3)$$

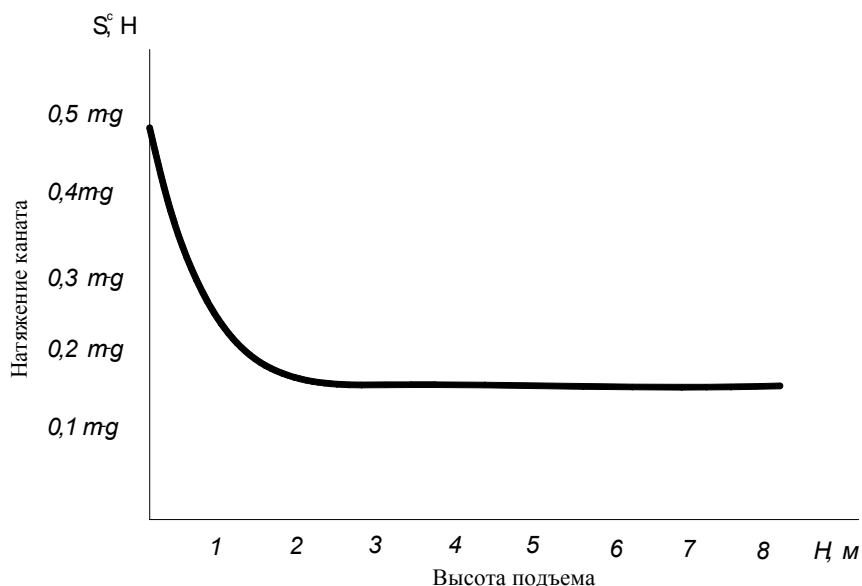


Рис. 3. График зависимости натяжения каната от высоты подъема

При увеличении высоты подъема наклонные ветви каната будут занимать положение, близкое к горизонтальному, и нагрузку от силы тяжести груза будут воспринимать в основном две вертикальные ветви каната.

При горизонтальном перемещении груза между противоположными наклонными ветвями каната происходит перераспределение нагрузки из-за действия силы инерции и трения каната о заторможенные блоки. Натяжение ветвей каната стремящихся к сбеганию с блока ( $S_{\text{СБ}} = S_{\text{max}}^d$ ) и к набеганию на блок ( $S_{\text{НБ}}$ ) при горизонтальном перемещении груза с ускорением ( $a = 0,2 \frac{M}{c^2}$  [6]) в опущенном положении (самый неблагоприятный случай) составляют

$$S_{\text{СБ}} = S_{\text{max}}^d = m_{\Gamma} \cdot \left( \frac{0,16 \cdot g}{\cos \alpha} + \frac{0,25 \cdot a}{\sin \alpha} \right), \quad (4)$$

$$S_{\text{НБ}} = m_{\Gamma} \cdot \left( \frac{0,16 \cdot g}{\cos \alpha} - \frac{0,25 \cdot a}{\sin \alpha} \right). \quad (5)$$

Необходимый тормозной момент тормоза блока с учетом того, что разность натяжения противоположных ветвей наклонных канатов  $S_{\text{СБ}}$  и  $S_{\text{НБ}}$  воспринимается двумя блоками

$$M_{\text{T}} = 0,5(S_{\text{СБ}} - S_{\text{НБ}}) \cdot \frac{D}{2}, \quad (6)$$

где  $D$  – диаметр блока.

Условие отсутствия проскальзывания каната о заторможенные блоки

$$S_{\text{СБ}} \leq S_{\text{НБ}} \cdot e^{\mu\beta}, \quad (7)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения между канатом и блоком,  $\beta$  – угол обхвата блоков канатом.

Исследование работоспособности пространственной грузовой подвески проведено на изготовленном макете, представленном на рис. 4.

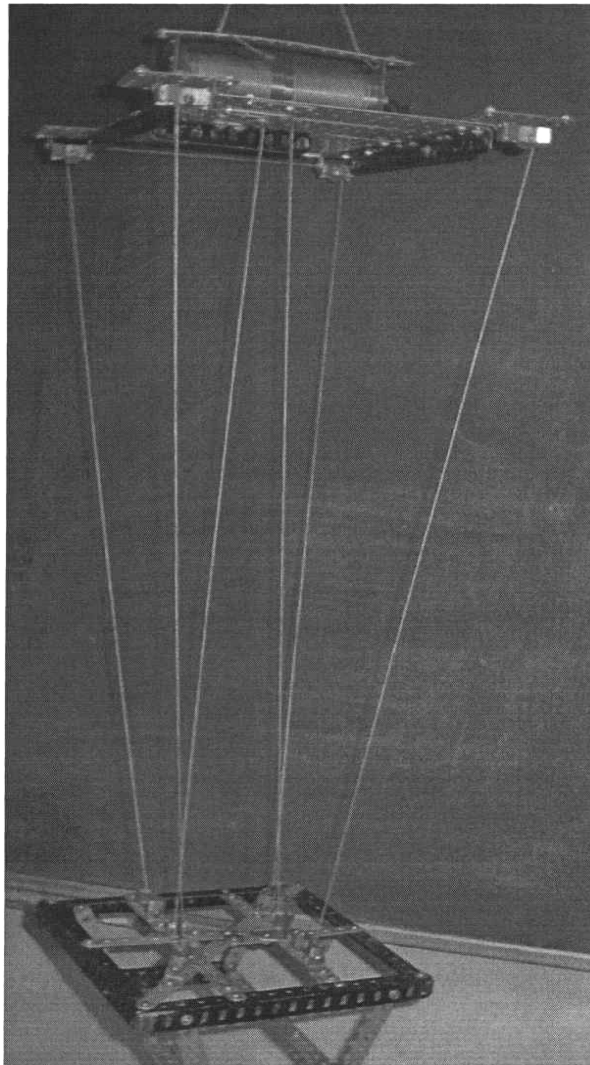


Рис. 4. Действующий макет пространственной грузовой подвески

Действующий макет выполнен в масштабе 1 : 5 по сравнению с натурным образцом. Основные линейные параметры подвески составляют:  $A = 400$  мм,  $a = 150$  мм,  $B = 300$  мм,  $b = 100$  мм,  $H_{\max} = 1500$  мм,  $H_{\min} = 250$  мм.

В подвеске использовано 8 самоустанавливающихся блоков закрепленных на верхних и нижних рамках с образованием сдвоенного трехкратного полиспаста. Наклонные ветви каната образуют усеченную четырехгранную пирамиду.

При подъеме и опускании нижней рамки по отношению к верхней постоянно обеспечивается расположение наклонных ветвей каната и самоустанавливающихся блоков в одной плоскости. Набегание ветвей каната на блоки и сбегание с них происходит без трения о реборды. Между верхней и нижней рамками постоянно осуществляется кинематическая связь в горизонтальной плоскости, что позволяет перемещать нижнюю рамку, подвешенную к верхней, без маятниковых и крутильных колебаний.

Предложенная конструкция пространственной грузовой подвески работоспособна и может быть использована в эксплуатируемых мостовых кранах как дополнительное навесное оборудование, обеспечивающее выполнение краном функций манипулятора. Выполненные расчеты по определению параметров основных элементов конструкции и результаты исследований на действующем макете подтвердили работоспособность и эффективность ее применения.

#### Литература

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. 4-е изд. - Мн.: УП "Диэко", 2004. - 218 с.
2. Сендеров Г.К., Лосев П.Р., Друголь С.А. Сохранность вагонов при погрузочно-разгрузочных и маневровых работах. – М.: Транспорт, 1978. – 120 с.
3. Патент Франции, 1536309, МКИ В 66 С. Dispositif pour empêcher les mouvements pendulaires indésirables de la traverse portecharge au démarrage et à l'arrêt d'un pont roulant. – опубли. 10.09.68 г. – 4 с.
4. А.С. 593990 СССР. Кран-штабелер / Б.Л. Перочинский, опубли. Б.И., 1978, № 7.
5. А.С. 488777 СССР. Подвеска грузозахватного органа на кранах мостового типа / В.П. Иванов, Г.П. Тихонов, опубли. Б.И. 1976, № 39.
6. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов / М.П. Александров, М.М. Гохберг, А.А. Ковин и др.; Под общ. ред. М.М. Гохберга. Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1988. – 559 с.
7. А.С. 189998 СССР. В66 с 1/16. Подвеска грузозахватного органа крана / Ф.П. Сагизлы, А.Ю. Штигель и В.Е. Гора.
8. Грузозахватное устройство: Справочник / Козлов Ю.Т., Обермейстер Л.М., Протасов Л.П. и др. – М.: Транспорт, 1980. – 223 с.

#### **Романенко Виталий Михайлович**

слесарь КИПиА

МГКУП «теплоэнергетики» г. Могилев

Тел.: +375(222) 23-07-82

E-mail: [ventiletor@mail.ru](mailto:ventiletor@mail.ru)

#### **Полев Андрей Александрович**

Инженер-конструктор

РУП завод «Могилевлифтмаш» г. Могилев

Тел.: +375(222) 28-35-87

#### **Матвеев Владимир Иванович**

Доцент кафедры «Строительные, дорожные,  
подъемно-транспортные машины

и оборудование», канд. техн. наук

Белорусско-Российский университет, г. Могилев

Тел.: +375(222) 25-34-86