

УДК 69.05: 658.382

Беликов А.С., д-р техн. наук, профессор,
Шаломов В.А., канд. техн. наук, доцент
(ГВУЗ «ПГАСА»)

Долгополова Н.В., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
(Институт проблем машиностроения
им. А. Н. Подгорного НАН Украины)

Улитина М.Ю., аспирант
(Харьковская ОГА)

БЕЗОПАСНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ РАБОТ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОДЪЕМНО- ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Беліков А.С., д-р техн. наук, професор,
Шаломов В.А., канд. техн. наук, доцент
(ДВНЗ «ПДАБА»)

Долгополова Н.В., канд. техн. наук, ст. науч. співр.
(Інститут проблем машинобудування
ім. А. М. Подгорного НАН України)

Улітіна М.Ю., аспірант
(Харківська ОДА)

БЕЗПЕКА ВИКОНАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ РОБІТ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИТУАЦІЯХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН І УСТАТКУВАННЯ

Belikov A.S., D.Sc. (Tech.), Professor,
Shalomov V.A., Ph.D. (Tech.), Associate Professor
(SHEI "PSACEA")

Dolgopolova N.V., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher
(A.N. Podgorny Institute for Mechanical
Engineering Problems of the NAS of Ukraine)

Ulitina M.Yu., Doctoral Student
(Regional state administration, Kharkov)

SAFETY OF SPECIFIC JOBS PERFORMED IN EXTREMAL SITUATIONS WITH THE USE OF LIFTING-AND-SHIFTING MACHINES AND EQUIPMENT

Аннотация. В настоящее время во многих странах мира в основу практических расчетов по стандартам положен критерий, согласно которому требуется не допустить обезгруживания опорных ходовых колес, т.е. обеспечить положительность сил давления колес крана на рельсы пути (или аутригеров автоподъемников / автолестниц на дорожное покрытие). В связи с этим, для определения расчетным путем таких нагрузок следует вводить соответствующие коэффициенты безопасности.

Традиционный способ определения сил инерции в рассматриваемых исследованиях устойчивости вызывает определенные сомнения, так же как и отнесение всех расчетов к опасному состоянию объекта, в качестве которого принимается снижение до нуля давления от колес / аутригеров на основание («обезгруживание колес»). Когда это давление действительно достигает нулевого значения, объект не обязательно теряет устойчивость. Может наступить некоторый отрыв колес от основания (рельсы / грунт земли), и, тем не менее, кран / автокран не опрокидывается. И наоборот, – обезгруживание опорных элементов (колеса или аутригеры) в определенный момент времени еще не достигнуто, а объект потенциально (с последующим развитием колебательных процессов) подвержен опрокидыванию. Следовательно, корректирующие коэффициенты безопасности необходимо соотносить к действительному состоянию потери устойчивости, которое следует устанавливать достоверно корректными исследованиями. Подобными соображениями можно пользоваться и при производстве работ на промплощадках и в поверхностных комплексах угольных шахт.

Ключевые слова: потеря устойчивости, подъемно-транспортные машины, аварийно-восстановительные работы, опорные элементы машин, теория колебаний.

Постановка проблемы. Проведенный анализ выполнения работ с применением подъемно-транспортных машин (подъемников, кранов, вышек и т.п.) показал, что одной из причин возникновения отклонений в их работе является потеря устойчивости, что приводит к травмированию работников при выполнении различных видов работ, в том числе специальных видов работ в экстремальных ситуациях (проведение аварийных, аварийно-восстановительных, спасательных работ в высотных сооружениях и зданиях, а также при проведении работ по ремонту сооружений поверхностного комплекса угольных шахт [1-4, 14]. Поэтому прогноз отказов в работе машин и оборудования, что может служить причиной потери их устойчивости, в том числе опрокидывания, является важной и актуальной задачей, направленной на повышение безопасности данных работ.

Анализ последних исследований, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. В настоящей работе исследуется безопасность выполнения работ за счет прогноза устойчивости конструкций подъемно-транспортных машин (в дальнейшем «объекты»), предназначенных для поднимания и опускания грузов на высоты при ведении строительных, ремонтно-строительных и аварийно-восстановительных работ на высотах. А также – при спасении людей с этажей высоких зданий и сооружений в случаях возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС); для шахт это – аварии в надшахтных зданиях воздухоподающих и вентиляционных стволов. Для исследовательских целей используются дискретные динамические модели, которые представляют собой совокупность сосредоточенных масс, связанных несущими упругими соединительными звеньями.

К предложенной обобщенной модели, разработанной авторами, составляются уравнения вибраций и динамической устойчивости конструкции объекта относительно естественных ребер опрокидывания. Получаемые системы дифференциальных уравнений могут быть и линейными и нелинейными. Эти уравнения решаются с привлечением современных методов компьютеризированной прикладной механики и вполне допускают интерпретации на простейших аналоговых вычислительных машинах типа МН-7, как решение задач теории колебаний и теории устойчивости. Найденные при этом фазовые траектории позволяют в пределах

инженерной точности определить такие критические условия, при которых объект исследований теряет устойчивость, связанную с его опрокидыванием. Естественно, использование рассматриваемых объектов в стройиндустрии не допускают общей потери их устойчивости (опрокидывания кранов) что предусмотрено требованиями охраны труда в строительстве.

Рассматриваемые объекты отличаются относительно большой высотой развешивания, достигающей 50 – 60 м, и в то же время сравнительно малой площадью опоры нижней части их конструкции (ходовая часть или, иначе, портал). Этим обстоятельством обусловлено высокое расположение суммарного центра тяжести на геометрии контура всего объекта.

При изготовлении подобных изделий машиностроения за рубежом, как правило, используют облегченные конструкции в известных пределах малой изгибной жесткостью (EI) соединительных звеньев, что сопряжено с, вообще говоря, большими деформациями и перемещениями элементов объекта в процессе заедания его на практике. При штатных режимах работы силовых механизмов (например, на «подъем» или на «спуск») здесь могут возникать существенные механические колебания конструкции. Это, в свою очередь, увеличивает вероятность потери устойчивости, т.е. опрокидывания объекта, что связано с повышенной опасностью для обслуживающего персонала и даже с травматизмом и смертностью людей, находящихся в рабочей зоне. Кроме того, в некотором смысле слабое затухание (демпфирование) упругих колебаний, после прекращения и во время действия внешних возмущений, всегда способствует вредному физиологическому воздействию вибраций на оператора (крановщика), а также неблагоприятно сказывается на работоспособности объекта.

Существующие методы расчета недостаточно строго учитывают динамику процессов, которая возникает в колеблющемся объекте, поскольку ранее эти методы разрабатывались, главным образом, для не габаритных по высоте конструкций, но со значительной жесткостью составляющих элементов. Это автоподъемники, автолестницы, башенные краны и др. машины устаревших образцов.

Изложение основного материала исследований.

Новейшие конструкции объектов, используемые для строительства и обслуживания высотных зданий и зданий повышенной этажности, существенно отличаются от своих предшественников по параметрам собственного веса и жесткости (податливости) соединительных элементов. Потому требуют более точных, и в то же время надежных инженерных методов расчета, обеспечивающих безопасность их эксплуатации с точки зрения охраны труда строителей и не только.

Исторически впервые вопрос устойчивости подобных объектов был рассмотрен в работах [5, 8-9]. Представленный в них метод расчета устойчивости был основан на классических положениях механики, которые определяют устойчивость твердого тела как отношение момента восстанавливающих сил к опрокидывающему моменту:

$$\eta = M_u / M_w, \quad (1)$$

где M_u – восстанавливающий момент; M_w – опрокидывающий момент.

Им, при вычислении восстанавливающего и опрокидывающего моментов, учитывались только силы статики, действующие на объект, потому что для объектов (например, подъемных кранов) в то время характерны были относительно малые скорости работы механизмов и большие жесткости всех элементов конструкций. Полагалось, что динамические явления здесь не играют существенной роли, и они не принимались во внимание. Для вычислений восстанавливающего и опрокидывающего моментов в расчеты вводились силы, создающие моменты относительно так называемых ребер опрокидывания.

В последующие годы появилось много работ [6-7,], посвященных устойчивости таких машин, как грузовые краны. Однако эти работы не внесли ничего кардинально нового в упомянутый способ учета нагрузок, действующих на конструкцию объекта во время его работы.

Вопрос учета влияния динамических процессов на устойчивость объектов значительной высоты был впервые рассмотрен в работе [6]. В ней предлагалось учитывать динамические нагрузки, возникающие при перемещениях полезного груза, с помощью уточняющего коэффициента, на который следует умножать в расчетах реальную (исходную) величину этого груза. Автор указал на необходимость определять значение такого коэффициента путем экспериментальных исследований. Однако не привел конкретных данных о его значениях. То есть, силовые нагрузки рассматривались как постоянные, действующие бесконечно долго. Другими словами, – все в том же режиме статики.

В работах [6-10] тоже указывалось на необходимость учитывать влияние динамики, возникающей в неустановившихся режимах работы механизмов подъемно-транспортных машин, на устойчивость исследуемых объектов. Им определялись искомые динамические добавки к статическим нагрузкам при рассмотрении работы подъемного крана с грузом как абсолютно жесткого тела в предположении, что рабочие механизмы разгоняются (замедляются) с постоянным ускорением, т.е. – квазистатически.

В работе [4] приведены данные о несколько уточненных исследованиях устойчивости башенных кранов. В ней отмечается, что степень защищенности рассматриваемых объектов от опрокидывания в их рабочих режимах определяется специальным коэффициентом S_r , отнесенным к грузоподъемности Q , как отношение суммы моментов всех нагрузок, возникающих в конкретном случае относительно лимитирующего ребра опрокидывания, к моменту веса груза относительно того же самого ребра:

$$S_{rI} = (M_G + M_{pm} + M_w) / M_Q, \quad (2)$$

где M_G – алгебраическая сумма моментов собственного веса сосредоточенных масс отдельных элементов объекта (в частности крана) относительно ребра

опрокидывания, тонометры (T^*M); M_{pm} – алгебраическая сумма моментов сил инерции сосредоточенных масс относительно ребра опрокидывания, (T^*M); M_w – алгебраическая сумма моментов ветровой нагрузки в рабочем состоянии крана относительно ребра опрокидывания, (T^*M); M_Q – момент от веса, равного грузоподъемности (Q), относительно ребра опрокидывания, (T^*M); $S_{rI} \geq 1,1$ – степень защищенности башенных кранов от опрокидывания; I – индекс ребра опрокидывания, относительно которого устанавливается степень защищенности объекта.

В настоящее время во многих странах мира в основу практических расчетов по стандартам положен критерий, согласно которому требуется не допустить обезгруживания опорных ходовых колес, т.е. обеспечить положительность сил давления колес крана на рельсы пути (или аутригеров автоподъемников / автолестниц на дорожное покрытие). В связи с этим, для определения расчетным путем таких нагрузок следует вводить соответствующие коэффициенты безопасности.

Традиционный способ определения сил инерции в рассматриваемых исследованиях устойчивости вызывает сомнения, так же как и отнесение всех расчетов к опасному состоянию объекта, в качестве которого принимается снижение до нуля давление от колес / аутригеров на основание. Известно, что даже в случае, когда это давление действительно достигает нулевого значения, объект не обязательно потеряет устойчивость. Может наступить некоторый отрыв колес от основания (рельсы / грунт земли), и, тем не менее, кран/автокран не опрокидывается. И наоборот, – обезгруживание опорных элементов (колеса или аутригеры) в определенный момент времени еще не достигнуто, а объект потенциально (с последующим развитием колебательных процессов) подвержен опрокидыванию. Отсюда следует вывод, что корректирующие коэффициенты безопасности нужно соотносить к действительному состоянию потери устойчивости, которое следует устанавливать достоверно корректными исследованиями.

В теории колебаний [5] в части раздела «устойчивость» детально рассмотрены колебательные процессы специального вида. Например, для устойчивых колебаний треугольной формы [11] характерен фазовый портрет вида рис. 1

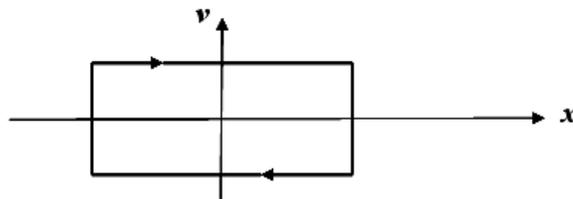


Рисунок 1 – Фазовая траектория незатухающих устойчивых треугольных колебаний:
 x – координата линейного осциллятора; v – его скорость

В условиях отсутствия действия сил демпфирования в динамической системе (затухающие колебания) фазовым траекториям присуще наличие особых точек (седловые точки). В качестве их может выступать начало координат, как, например, на рис. 2., где через особую точку $(0, 0)$ проходят две вырожденные

фазовые траектории (сепаратрисы). Остальные траектории похожи на гиперболы. Особая точка такого типа соответствует безразличному (критическому) положению равновесия осциллятора, а значит и исследуемой модели объекта.

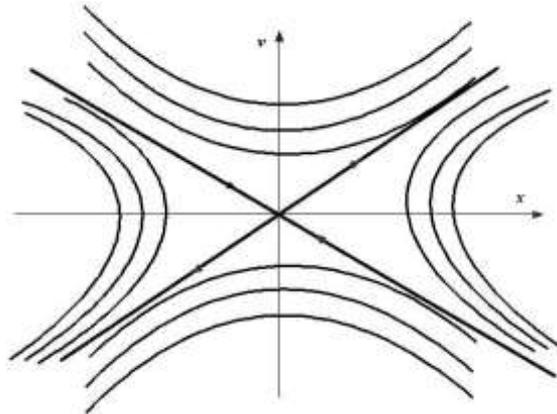


Рисунок 2 – Фазовый портрет с особой точкой $(0; 0)$ типа седла

Подход к определению устойчивого положения равновесия для рассматриваемых в диссертации объектов можно позаимствовать из несложного примера, приведенного в работах [12].

Рассматривается симметричная относительно фронтальной плоскости конструкция объекта в виде параллелепипеда (башня), расположенного на плоском недеформируемом горизонтальном основании, по которому проскальзывание не допускается, но возможны колебания (качания) башни – повороты относительно своих ребер опрокидывания, расположенных на абсолютно жестком основании (рис. 3).

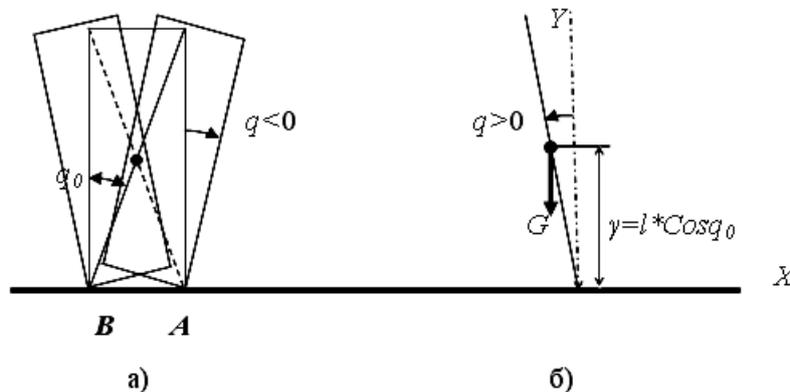


Рисунок 3 – Упрощенная схема (а) и модель (б) колебаний звена объекта относительно своих ребер опрокидывания

Ограничимся рассмотрением движения, в котором две боковые грани башни, параллельные плоскости рисунка, остаются в этих своих вертикальных плоскостях. Тогда положение башни можно определить углом q , который заключен между боковой гранью отклоняющейся башни и вертикальными осями, проходящими через точки A и B .

Введем обозначения: $2l$ – длина диагонали прямоугольника (грани рассматриваемого параллелепипеда); q_0 – накрест лежащий плоский угол у основания параллелепипеда башни между его вертикалью и диагональю, как показано на рис. 1; G – вес всей башни; γ – радиус инерции башни относительно точек A и B .

Уравнения движения башни запишутся в следующем виде:

- при повороте относительно ребра A :

$$(G/g)\gamma^{2\bar{q}} - Gl \sin(q_0 + q) = 0, \text{ для } -\pi/2 < q < 0. \quad (3)$$

- при повороте относительно ребра B :

$$(G/g)\gamma^{2\bar{q}} + Gl \sin(q_0 - q) = 0, \text{ для } 0 < q < \pi/2. \quad (4)$$

- с учетом начальных условий

$$\bar{q} = 0, q = q_m. - \text{начальные условия} \quad (5)$$

Что касается начальных условий. Они выбраны так, что абсолютное приращение обобщенной координаты q позволяет установить то предельное значение q_m , которое является граничным для допустимого отклонения объекта от вертикали (ось Y), при котором еще возможно его возвращение в положение устойчивого равновесия.

Семейство решений уравнений (3) и (4) на фазовой плоскости, отвечающие симбиозу траекторий рис. 1 и рис. 2 представлены на рис. 4.

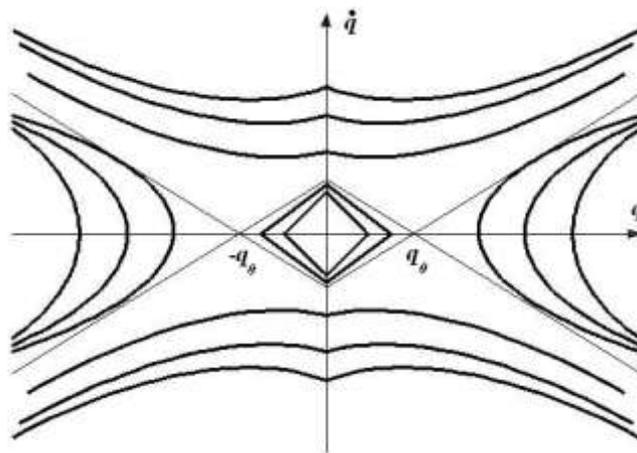


Рисунок 4 – Вид решения уравнений (3) и (4) в фазовых координатах

Аналогичные явления будут происходить и в исследуемых объектах. Таким образом, для оценки безопасности работы современных конструкций подъемно-транспортных машин, используемых для строительства и обслуживания высотных зданий и зданий повышенной этажности, следует корректно определять

границы динамической устойчивости колебаний объекта, опирающегося ходовыми колесами или аутригерами на соответствующее основание. При этом следует задавать различные начальные условия, вне факта, ожидаемого по соображениям статики / квазистатики, отрыва одной из пар колес или аутригеров. В таком гипотетическом случае объект может колебаться попеременно около одного из ребер опрокидывания так же, как и относительно другого. Следовательно, требуется составлять дифференциальные уравнения колебаний системы для двух направлений движения относительно ребра *A* и ребра *B*. А на их основании проверять: возрастают, уменьшаются или же остаются неизменными амплитуды колебаний сосредоточенных масс.

В первом случае система будет неустойчива, в двух других – устойчива. В данной диссертационной работе поставлена задача определения предельных отклонений объектов, превышение которых приводит к потере общей устойчивости системы, т.е. к опрокидыванию.

Выводы. Проведен анализ исследований по повышению устойчивости подъемно-транспортного оборудования, используемого в строительной и горной промышленности. Установлено, что выведенные системы уравнений бывают как линейными, так и нелинейными, которые могут быть решены с применением современной компьютерной техники; это - задачи теории колебаний и теории устойчивости прикладной механики. При этом найдены фазовые траектории, позволяющие в пределах инженерной точности определить критические условия, при которых подъемно-транспортные машины и оборудование теряют устойчивость в связи с их опрокидыванием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Охрана труда в строительстве : учебник / А.С. Беликов, В.В. Сафонов, П.Н. Нажа [и др.] ; под общ. ред. А. С. Беликова. – Киев : Основа, 2014. – 592 с.
2. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій: Посібник / В. Г. Аветисян, М. І. Адаменко, В. Л. Александров [та інші]. – Київ : Основа, 2006. – 240 с.
3. Обеспечение безопасности при выполнении работ повышенной опасности [Текст] / А. С. Беликов, О. А. Сабитова, В. А. Голендер, В. А. Шаломов // Международный научный журнал. – 2015. – №2. – С. 144–158.
4. Інженерна техніка та спеціальні машини для ліквідації надзвичайних ситуацій: навч. посіб. / О. М. Ларін, І. М. Грицина, Н. І. Грицина [та інші]. – Харків : НУЦЗУ, КП «Міськдрук», 2012 – 380 с.
5. Теория колебаний механических систем с кинематическим возбуждением и ее применение к движению карьерных самосвалов / Ю.С. Рудь, И.С. Радченко, В.Ю. Белоножко, А.С. Ткаченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №2/9 (44). – С.32–38.
6. Рябчинский, А. И. Регламентация активной и пассивной безопасности автотранспортных средств: монография / А. И. Рябчинский, Б. В. Кисуленко, Т. Э. Морозова. – Москва : Издательский центр «Академия», 2006. – 462 с.
7. Современные системы конструктивной безопасности автомобилей : монография / Ю. Ю. Покровский, К. С. Ремнев, И. С. Степанов, В. В. Ломакин. – Тула: Издательство ТулГУ, 2007. – 163 с.
8. Махутов, Н. А. Прочность и безопасность. Фундаментальные и прикладные исследования / Н. А. Махутов. – Новосибирск: Наука, 2008. – 528 с.
9. Дурденко, В. А. Количественная оценка надежности интегрированной системы безопасности на основе логико-вероятностного моделирования / В. А. Дурденко, А. А. Рогожин // Вестник Воронежского института МВД России. – 2013. – №2. – С.207–215.
10. Daniel J. Holt. Fuel cell powered vehicles, Automotive engineering, SAE, 2002.
11. Sadykhov, G. S. Average Number of Failure-Free Operations up to Critical Failure of a Technologically Dangerous Facility: Calculation, Limit and Non-Parametric Estimates // Journal of Machinery Manufacture and Reliability, Vol. 42, № 1, 2013. pp. 81–88.

12. Tanaka, K., Wang, H. O. Fuzzy control systems design and analysis: a linear matrix inequality approach. N. Y.: Wiley, 2001.

13. Die bewertungsmethodik der bauausführung der untergleiszone der hauptträger der verladebrücke / K. G. Grote, J. Postnikov, N. Makarenko, P. Gavrish, V. Schepotko, V. Kassov, V. Koinasch // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2012. – № 3(28). – С.110–113.

14. Дружинина, О. В. Анализ технической устойчивости и стабилизация управляемых динамических систем / О. В. Дружинина, Т. С. Климачкова, А. С. Мулкиджан // Наукоемкие технологии. – 2013. – Т. 14. – №6. – С.59–65.

REFERENCES

1. Belikov A. S., Safonov V. V., Nazha P. N., Chalyiy V. G., Shlyikov N. Yu., Shalomov V. A. and Ragimov S. Yu. (2014), *Okhrana truda v stroitelstve* [A labour protection in building], Osnova, Kiev, UA.

2. Avetisyan V. G., Adamenko M. I. and Aleksandrov V. L. (2006), *Ryatuvalni roboty pid chas likvidatsiyi nadzvichaynikh situatsiyi* [Rescue work during emergency response], Osnova, Kiev, UA.

3. Belikov A. S., Sabitova O. A., Golender V. A. and Shalomov V. A. (2015), «Ensuring the security of the works of increased danger», *International Journal*, no. 2, pp. 144–158.

4. Larin O. M., Gritsina I. M. and Gritsina N. I. (2012), *Inzhenerna tekhnika ta spetsialni mashyny dlya likvidatsiyi nadzvichaynikh situatsiy* [Engineering machinery and special machines for disaster management], NUTZU, KP «Miskdruk», Kharkiv, UA.

5. Rud Yu. S., Radchenko I. S., Belonozhko V. Yu. and Tkachenko A. S. (2010), «Theory of oscillations of mechanical systems with kinematic excitation and its application to the movement of dump trucks», *Eastern European advanced technology magazine*, no. 2/9 (44), pp. 32–38.

6. Ryabchinskiy A. I., Kisulenko B. V. and Morozova T. E. (2006), *Reglamentatsiya aktivnoy i passivnoy bezopasnosti avtotransportnyih sredstv* [Regulation of active and passive safety of vehicles], Izdatelskiy tsentr «Akademiya», Moscow, RU.

7. Pokrovskiy Yu. Yu., Remnev K. S., Stepanov I. S. and Lomakin V. V. (2007), *Sovremennyye sistemy konstruktivnoy bezopasnosti avtomobiley* [Modern structural safety of vehicles], Izdatelstvo TulGU, Tula, RU.

8. Mahutov, N. A. (2008), *Prochnost i bezopasnost. Fundamentalnye i prikladnye issledovaniya* [Durability and safety. Basic and applied research], Nauka, Novosibirsk, RU.

9. Durdenko V. A. and Rogozhin A. A. (2013), «Quantitative assessment of the reliability of the integrated security system based on logical-probabilistic modeling», *Bulletin of Voronezh Vestnik Voronezhskogo instituta Ministerstva vnutrennikh del Rossii*, no. 2, pp. 207–215.

10. Daniel J. Holt. (2002), Fuel cell powered vehicles, *Automotive engineering*, SAE.

11. Sadykhov G. S. (2013), «Average Number of Failure-Free Operations up to Critical Failure of a Technologically Dangerous Facility: Calculation, Limit and Non-Parametric Estimates», *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*, Vol. 42, № 1, pp. 81–88.

12. Tanaka K. and Wang H. O. (2001), *Fuzzy control systems design and analysis: a linear matrix inequality approach*, Wiley, N. Y, US.

13. Grote K. G., Postnikov J., Makarenko N., Gavrish P., Schepotko V., Kassov V. und Koinasch V. (2012), «Die bewertungsmethodik der bauausführung der untergleiszone der hauptträger der verladebrücke», *Bulletin of Donbass State Engineering Academy*, no. 3(28), pp. 110–113.

14. Druzhinina O. V., Klimachkova T. S. and Mulkidzhan A. S. (2013), «Analysis of technical stability and stabilization of controlled dynamic systems», *Naukoyemkiye tehnologii*, vol. 14, no. 6, pp. 59–65.

Об авторах

Беликов Анатолий Серафимович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» (ГВУЗ «ПГАСА»), Днепропетровск, Украина, bgd@mail.pgasa.dp.ua.

Шаломов Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» (ГВУЗ «ПГАСА»), Днепропетровск, Украина, shalomov_v_a@mail.ru

Долгополова Наталья Владимировна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела прочности и оптимизации конструкций, Институт проблем машиностроения им. А. М. Подгорного НАН Украины, Харьков, Украина, n_dolgorolova@ukr.net.

Улитина Марина Юрьевна, аспирант, специалист департамента науки и образования Харьковской областной государственной администрации, Харьков, Украина, m_ulitina@ro.ru.

About the authors

Belikov Anatoliy Serafimovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Life Safety Department of the State Higher Education Institution «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture» (SHEI PSACEA), Dnepropetrovsk, Ukraine, bgd@mail.pgasa.dp.ua.

Shalomov Vladimir Anatoliyevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Life Safety Department of the State Higher Education Institution «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture» (SHEI PSACEA), Dnepropetrovsk, Ukraine, shalomov_v_a@mail.ru

Dolgoplova Natalia Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher in Department of strength and optimization, A. N. Podgorny Institute of Mechanical Engineering Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkov, Ukraine, n_dolgoplova@ukr.net.

Ulitina Marina Yuryevna, Doctoral Student, Specialist in Department of science and education of Harkiv regional state administration, Kharkov, Ukraine, doctoral student, m_ulitina@ro.ru.

Анотація. У нинішній час в багатьох країнах світу в основу практичних розрахунків за стандартами належить мати критерій, згідно якому необхідно не допустити обезвантаження опорних ходових коліс, тобто забезпечити позитивність сил тиску коліс крана на рейки шляху (або аутригерів автотідоомників / автодрабин на дорожнє покриття). У зв'язку з цим, для визначення розрахунковим шляхом таких навантажень слід вводити відповідні коефіцієнти безпеки. Традиційний спосіб визначення сил інерції в даних дослідженнях стійкості викликає певні сумніви, так само як і віднесення всіх розрахунків до небезпечного стану об'єкту, яким приймається зниження до нуля тиску від коліс / аутригерів на підставу («обезвантаження коліс»). Коли цей тиск дійсно досягає нульового значення, об'єкт не обов'язково втратить стійкість. Може наступити деякий відрив коліс від підстави (рейки / ґрунту землі), і, проте, кран / автокран не перекидається. І навпаки, – обезвантаження опорних елементів (колеса або аутригери) в певний момент часу ще не досягнуто, а об'єкт потенційно (з подальшим розвитком коливальних процесів) схильний до перекидання. Отже, коригуючи коефіцієнти безпеки, необхідно співвідносити до дійсного стану втрати стійкості, який слід встановлювати достовірно коректними дослідженнями. Подібними міркуваннями можна користуватися і при виробництві робіт на промайданчиках і в поверхневих комплексах вугільних шахт.

Ключові слова: втрата стійкості, підійомно-транспортні машини, аварійно-відновні роботи, опорні елементи машин, теорія коливань.

Abstract. Today, in many countries of the world, practical calculations by standards are based on a criterion, in obedience to which it is required to escape unloading of anvil running wheels and to ensure positive pressure forces of the crane wheels acting on the rails of railway (or outriggers of auto-elevators / auto-stairs acting on the road coverage). In this regard, while calculating such loadings, it is necessary to apply certain safety factors. In the terms of the considered research of stability, traditional method for calculating forces of inertia causes certain doubt, as well as attributing of all of calculations to the dangerous state of object, which assumes reduction up to zero of the wheels/outriggers pressure on the railway foundation («unloading of wheels»). When pressure reaches zero value, an object not necessarily lose its stability. Some breakaway of the wheels from the foundation (rails / soil of earth) can occur, though crane / truck crane does not overturn. And, vice versa, though supporting elements (wheels or outriggers) are not unloaded, the object, at the certain moment of time, can potentially capsize (due to development of flutter processes). Therefore, correcting safety factors shall be correlated with actual state of stability loss, and shall be a subject of further significantly correct researches. By a similar considering it is possible to use at production of works on industrial areas and in the superficial complexes of coal mines.

Keywords: loss of stability, lifting-transport machines, emergency-recovery works, supporting elements of machines, theory of vibrations.

Стаття постуила в редакцію 20.06. 2016

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Т.В. Бунько