

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь,
Россия

Анализ способов гашения колебаний груза, подвешенного на канате строительного крана

В статье описаны причины травматизма на строительных площадках, рассмотрены негативные влияния раскачивания грузового подвеса при строительно-монтажных и грузоподъемных работах. Выделен ряд направлений мероприятий, проводимых для предотвращения раскачивания грузового подвеса. Одним из таких направлений в развитии современного строительного оборудования является разработка устройств, позволяющих повысить безаварийность, надежность и повысить производительность. Приведены результаты исследований влияния конструктивных особенностей грузового подвеса на период и амплитуду колебаний. В статье рассматривается механический гаситель колебаний в виде присоединенной незначительной массы, который будет снижать период колебаний гибкого подвеса на величину, зависящую от места расположения гасителя колебаний по длине подвеса. В статье ставится задача проведения сравнения изобретений, описания их принципа работы, выявления их отличий друг от друга, описание их недостатков. В данной статье особое внимание уделяется изобретению, принципом действия которого является гироскопический эффект. Также приведено сравнение способов предотвращения раскачивания груза на гибком подвесе путем воздействия на органы управления краном, а также путем использования цифрового вычислительного устройства, осуществляющего прогноз величины горизонтального перемещения точки или узла подвеса грузового каната к стреле вследствие деформации стрелы под воздействием веса груза и формирование сигналов управления приводами. Целью исследования является анализ и выявление самых эффективных способов гашения колебаний груза, самых эффективных изобретений, направленных на успокоение груза, а также на обеспечение надежности, безопасности и эффективности строительно-монтажных работ на строительной площадке при возведении зданий и сооружений.

Ключевые слова: безопасность труда, строительные краны, безопасность, надежность, гашение колебаний груза, груз, подвес, маятник, период колебаний, гироскопический эффект, органы управления.

K.S. Sheptunova, S.I. Vahrushev

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

Analysis of ways to damp load vibrations, suspended on cable of construction crane

The article describes reason of traumatism at the building site, discusses negative influence of load swing, in construction and hoisting work. Also there are some series of events to prevent the load swing presented. One of those ways in development of modern construction equipment is a device development, that helps increase safety and reliability and improve productivity. In the article there are results of researching the influence of construction shown. The author shows the mechanical damper like light weight added, which decrease period of oscillation flexible pendant to the amount, depends on the place of damper through the length of pendant. In the article the problem of holding comparison between inventions, describing ways, they works, pointing their distinctions and noticing their limitations. Much attention is given to invention, in which the operation principle is the gyroscopic inertia. Also is given a comparison of ways to prevent the load swing on flexible pendant by influence at controls of crane and by using the computer systems, which predict the value of horizontal displacement of joint pendent to the jib in consequence of jib deformations under the influence of the load weight and gives a signals to controls. The main goal of research is analysis and finding the most effective ways to damp load vibrations, the most effective inventions, created to stop the load and also to provide reliability, safety and efficiency construction works at the building site.

Key words: labor safety, construction crane, safety, reliability, damping load vibrations, load, pendant, pendulum, period of oscillation, gyroscopic inertia, controls.

1. Введение

Строительные машины играют огромную роль в современной жизни. Строятся высотные объекты, уникальные здания и сооружения, объекты космической и авиационной инфраструктуры. Следовательно, строительная сфера требует внедрения новых технологий с использованием подъемно-транспортных машин. Прежде всего необходимы строительные краны, которые будут обеспечивать точную посадку груза в проектное положение [1].

Сфера строительства входит в пятерку отраслей, связанных с повышенными профессиональными рисками и повышенной опасностью для исполнителей рабочих операций. Главными причинами несчастных случаев, обычно, являются падение с высоты, воздействие движущихся, разлетающихся предметов, деталей, ДТП, поражение электрическим током и т.д. [2].

Травматизм возникает вследствие отказов отдельных компонентов системы "человек-строительная машина-среда", поэтому устранение технических неисправностей машин и механизмов, совершенствование их конструкций должно внедряться разработкой и внедрением мероприятия по активной пассивной и послеаварийной безопасности. Основным направлением в развитии современного строительного оборудования является разработка качественно новых и модернизация существующих строительных машин с целью автоматизации, повышения надежности и долговечности.

Одним из таких направлений развития является создание устройств, позволяющее снизить раскачивание гибкого грузового подвеса башенного крана при возведении строительных объектов или разработка способов предотвращения раскачивания груза.

Колебательный процесс грузового подвеса в вертикальной и горизонтальной плоскостях ведет к снижению производительности крана, так как оператору требуется много времени на наводку и посадку груза в проектное положение. Раскачивающийся груз вызывает колебания металлоконструкции крана, которые в свою очередь стимулируют колебания кабины. Это увеличивает напряженность труда крановщика, оказывает на него вредное и опасное влияние, усложняет работу стропальщиков на строительной площадке, снижая при этом темп работ. Из-за низкочастотных колебаний у оператора появляется «морская болезнь», головокружение, тошнота, он быстро утомляется. Человек в таком состоянии потенциально опасен, так как он несет ответственность за свою безопасность и безопасность других рабочих, находящихся на строительной площадке. К тому же, канаты грузового подвеса при колебаниях в разных плоскостях постоянно скручиваются и раскручиваются, что приводит к преждевременному износу и внезапному обрыву, а это, в свою очередь может стать причиной несчастного случая.

2. Основная часть

Существуют несколько способов устранения раскачивания груза на гибком подвесе. Можно выделить такое мероприятие: изменения системы подвеса груза.

Можно сказать, что снижение раскачивания груза на канате строительного крана напрямую зависит от снижения периода и амплитуды его колебаний. Существует известна теорема об изменении периода маятника от присоединенной массы, приведенная в монографии «Определение моментов инерции» М.М.Гернета и В.Ф.Ратобильского [3]: «от присоединения к физическому маятнику точечной массы период его качаний уменьшится, если масса присоединена к маятнику между осью подвеса и центром качания». Чтобы доказать эту теорему, автор рассматривает тело, подвешенное в точке O , которое качается относительно горизонтальной оси, которая проходит через точку подвеса O (рис. 1), с периодом:

$$T_1 \approx 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgc}} \approx 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (1)$$

где m – масса маятника; $J = mcl$ – момент инерции относительно оси подвеса; l – приведенная длина.

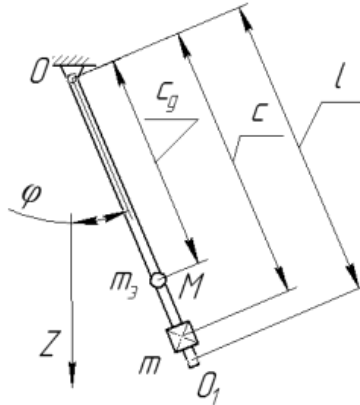


Рис.1. Схема маятника сравнения и иллюстрация к теореме о присоединенной массе

Если к маятнику, который находится в равновесии, с точки M , лежащей ниже оси подвеса на одной с ней вертикали на расстоянии $OM = c_g$, присоединить некоторую точечную массу m_g , то период малых колебаний маятника будет равен:

$$T_2 \approx \sqrt{\frac{mcl + m_g c_g}{g(mc + m_g c_g)}} \approx 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \sqrt{\frac{mc + m_g \frac{c_g^2}{l}}{mc + m_g c_g}}. \quad (2)$$

Таким образом, $T_2 < T_1$, если второй радикал меньше 1, а значит должно выполняться условие:

$$mc + m_g \frac{c_g^2}{l} < mc + m_g c_g, \quad \text{или } c_g < l, \quad (3)$$

в противном случае период колебаний увеличится.

Следует сделать вывод, что путем разбиения каната на две части, можно значительно сократить период и амплитуду колебаний груза. Это позволит увеличить производительность монтажных и погрузочно-разгрузочных работ. Значение массы дополнительного груза на период колебаний существенно не влияет, но большее значение имеет место расположения дополнительного груза по длине каната [4].

Можно выделить несколько изобретений, которые также способствуют повышению производительности крана.

Например, таким изобретением является - аэродинамический стабилизатор-наводчик груза подъемного крана, который содержит многолопастную воздушную крыльчатку с быстроходным электроприводом [5]. Устройство позволяет сократить скорость и время наводки и установки монтируемого блока в проектное положение. Гашение колебаний груза и его перемещение в определенных пределах достигается тем, что периодически изменяется направление вектора тяги воздушной крыльчатки стабилизатора. Стабилизатор навешивается как сменное оборудование на крюк крана. Стабилизатор крепят непосредственно к крюковой обойме если собираются использовать его продолжительное время. У устройства имеются такие недостатки, как значительная дороговизна устройства, сложность конструкции и использования устройства преимущественно при строительстве высотных сооружений.

Другое изобретение, которое повышает производительность крана, – поворотное грузозахватное устройство, выпускаемое фирмой «Пайнер» (ФРГ) [6]. Поворотное устройство позволяет ориентировать груз в необходимое положение. Изобретение не стабилизирует раскачивание груза в вертикальной плоскости и в нем отсутствует автоматическое регулирование процессом уравнивания груза на канате строительного крана. Это является существенными недостатками данного устройства.

Существует еще одно изобретение, в котором за счет расширения конструктивных особенностей поворотного грузозахватного устройства, повышается эффективность гашения колебаний и удобство эксплуатации. Для уменьшения раскачивания груза, подвешенного на канате строительного крана разработано устройство, обеспечивающее автоматическое регулирование процесса уравнивания груза на канате башенного крана (рис. 2.) [7]. В отличие от предыдущих изобретений, это изобретение содержит дополнительный асинхронный двигатель, который вращается относительно вертикальной оси в направлении, противоположном вращению первого. На корпусах двигателей жестко закреплены, расположенные взаимно перпендикулярно в горизонтальной плоскости, две пары металлических стержней. На металлических стержнях установлены грузила, которые имеют возможность перемещения по ним. Устройство содержит датчик углового отклонения груза по вертикали, который через микропроцессорный блок управления соединен с асинхронными двигателями.

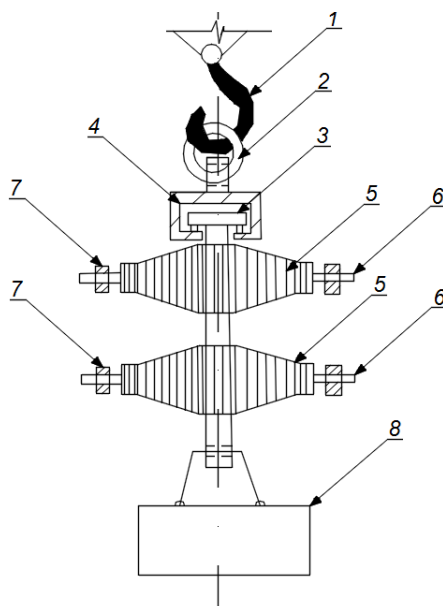


Рис.2. Устройство для гашения колебаний груза, подвешенного на канате строительного крана: 1 – крюк; 2 – переходное кольцо; 3 – подпятник; 4 – подвесная скоба; 5 – асинхронный двигатель; 6 – две взаимно перпендикулярные пары металлических стержней; 7 – грузила; 8 – груз

Два асинхронных двигателя вращаются относительно вертикальной оси в противоположных направлениях. Результат достигается тем, что когда отклоняется строительный канат, а вместе с ним и груз, один из асинхронных двигателей начинает вращение совместно с валом вокруг вертикальной оси, соединенный с датчиком углового отклонения груза от вертикальной оси через микропроцессорный блок управления. Роторные части асинхронных двигателей имеют большой момент инерции относительно своей продольной оси, и за счет возникающего гироскопического эффекта канат строительного крана стремится вернуться в исходное положение.

Недостатками данного изобретения является то, что масса подвешиваемого груза ограничивает прецессионное движение вала. Также в устройстве отсутствует

датчик периода колебаний, необходимый для управления длительностью прецессии. У устройства увеличена стоимость устройства, а также масса конструкции за счет использования второго асинхронного двигателя.

Наиболее близкое к этому изобретению-устройство для гашения колебаний груза, подвешенного на канате строительного крана (рис. 3.) [8]. Это устройство является самым эффективным из подобных, описанных перед ним. Его принципом действия является гироскопический эффект. За счет расширения конструктивных особенностей повышается эффективность гашения колебаний в двух взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях. Результат достигается наличием в устройстве горизонтальной и вертикальной рам с асинхронным двигателем, установленным в последней.

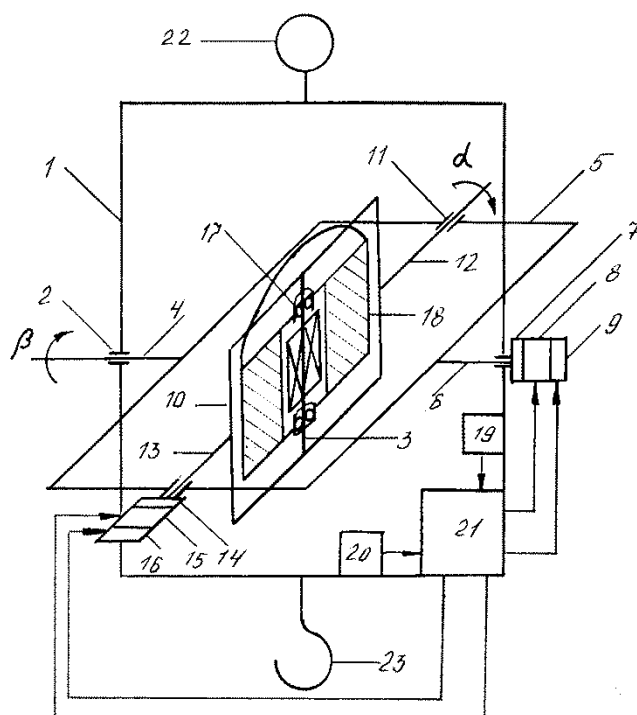


Рис.3. Схема устройства для гашения колебаний груза, подвешенного на канате строительного крана: 1 – корпус; 2 – подшипники; 3 – ось устройства центральная вертикальная; 4 – ось устройства центральная поперечная горизонтальная; 5 – рама горизонтальная; 6 – вал; 7 – редуктор; 8 – электродвигатель прецессионный; 9 – тормоз; 10 – рама вертикальная; 11 – подшипники; 12 – ось устройства центральная продольная горизонтальная; 13 – вал; 14 – редуктор; 15 – электродвигатель прецессионный; 16 – тормоз; 17 – подшипники; 18 – двигатель асинхронный; 19 – датчик угла; 20 – датчик периода; 21 – микропроцессорный блок; 22 – подвеска; 23 – крюк грузовой

По команде микропроцессорного блока 21, который обрабатывает сигналы датчиков угла 19 отклонения груза по вертикали и датчика периода колебаний груза 20 гашение колебаний груза происходит автоматически. В зависимости от того в какую сторону отклонился груз по вертикали электродвигатели 8 и (или) 15 приводятся в действие.

Когда грузовой подвес отклоняется на угол β относительно оси 3, прецессия вертикальной рамы 10 с асинхронным двигателем 18 создается через редуктор 14 прецессионным электродвигателем 15, который управляется микропроцессорным блоком 21. Он обрабатывает сигналы датчика угла 19 и датчика периода колебаний 20. По сигналу микропроцессорного блока 21 растормаживается тормоз 16 вала 13 вертикальной рамы 10. Гироскопический эффект является следствием прецессионного движения вертикальной рамы 10 с асинхронным двигателем 18.

Электродвигатель 15 отключается через микропроцессорный блок 21 и одновременно включается тормоз 16, когда угол прецессии вертикальной рамы 10 от среднего положения достигает предельного значения $\alpha = (30 \div 60)^\circ$.

После окончания четверти периода колебания датчик периода колебаний 20 сообщает сигнал на микропроцессорный блок 21. Он формирует управляющие сигналы тормозу 16 и электродвигателю 15. Электродвигатель 15 начинает вращаться в обратную сторону и по окончании полпериода колебаний приведет ось асинхронного двигателя 18 в вертикальное положение.

Когда грузовой подвес отклоняется на угол α вокруг оси 12 прецессия горизонтальной рамы 5 с асинхронным двигателем 18, который закреплен в вертикальной раме 10, создается через редуктор 7 электродвигателем 8, который управляется микропроцессорным блоком 21, который в свою очередь обрабатывает сигналы датчика угла 19 и периода колебания 20. Одновременно по сигналу растормаживается тормоз 9 вала 6 вертикальной рамы 10. Гироскопический стабилизирующий момент является следствием прецессионного движения горизонтальной рамы 5 с асинхронным двигателем 18.

Когда угол прецессии β горизонтальной рамы 5 от среднего положения достигает предельного значения $\beta = (30 \div 60)^\circ$, то электродвигатель 8 отключается, одновременно включается тормоз 9.

После окончания четверти периода колебаний датчик периода колебаний 20 дает сигнал на микропроцессорный блок 21. Он формирует управляющие сигналы тормозу 9 и электродвигателю 8, который начинает вращаться в обратную сторону и по окончании полупериода колебаний приведет ось 3 асинхронного двигателя 18 в вертикальное положение.

Это изобретение направлено на решение актуальной проблемы по успокоению груза на канате крана. Оно обеспечивает безопасность на строительной площадке, снижает энергетические затраты оператора башенного крана по точной посадке груза в определенное положение, что увеличивает производительность работ.

Также способствовать предотвращению раскачивания груза на гибком подвесе можно путем воздействия на органы управления краном.

Известен способ управления и защиты грузоподъемных кранов, при котором, если в момент отрыва груза от земли канаты, на которых висит груз, не занимает вертикального положения и груз начинает раскачиваться, то приводы механизмов крана отключаются с незначительной выдержкой времени, предназначенной для исключения влияния динамических помех [9]. Недостатком этого способа является то, что динамика перемещающегося груза не учитывается. Колебания груза имеют низкую частоту, отфильтровать которые невозможно.

Также известен способ предотвращения раскачивания груза при его подъеме, который базируется на стабилизации положения точки его подвеса в горизонтальной плоскости с использованием регулирования по углу отклонения грузовых канатов от вертикального положения [10]. При выявлении изменения нагрузки и отклонения канатов от вертикального положения на установленный угол, формируется сигнал разрешения маневра стрелой. Отклонение канатов от вертикального положения возникает за счет прогиба стрелы, приводящего к увеличению вылета. Путем телескопирования или подъема стрелы возможно уменьшение вылета для возврата канатов в вертикальное положение. Однако прогиб возникает при существенном нагружении стрелы, при котором ее телескопирование, как правило, запрещено. В известном способе в момент подъема груза необходимо переключение привода грузовой лебедки с подъема на опускание грузозахватного органа, при котором происходит ослабление грузового каната и становится возможным уменьшение вылета.

Предотвращение раскачивания груза при его подъеме и перемещении возможно также другим способом. Этот способ заключается в том, что посредством датчиков контролируют положения подвижного оборудования крана, инерционных показателей и его фактических скоростей [11]. После обработки сигналов датчиков цифровым вычислительным устройством формируются сигналы управления приводами механизмов перемещения оборудования крана. Отключение приводов перемещения происходит по фактору ограничения перемещений, либо по фактору их перегрузки. В этом способе информация о параметрах или координатах пространственного положения конечной точки перемещения груза перед началом подъема в цифровое вычислительное устройство не вводится. Соответственно, при формировании сигналов управления электроприводами положение конечной точки перемещения груза не учитывается. Это предопределяет необходимость минимизации колебаний на всех стадиях рабочего цикла и вмешательство оператора в управление на конечной части траектории его перемещения с целью снижения скорости перемещения груза.

Следующий способ помогает достичь сокращения рабочего цикла крана и повышает эффективность предотвращения раскачивания груза.

На рис. 4 приведена функциональная схема системы управления и защиты грузоподъемного крана, реализующей предложенный способ предотвращения раскачивания груза на гибком подвесе [12].

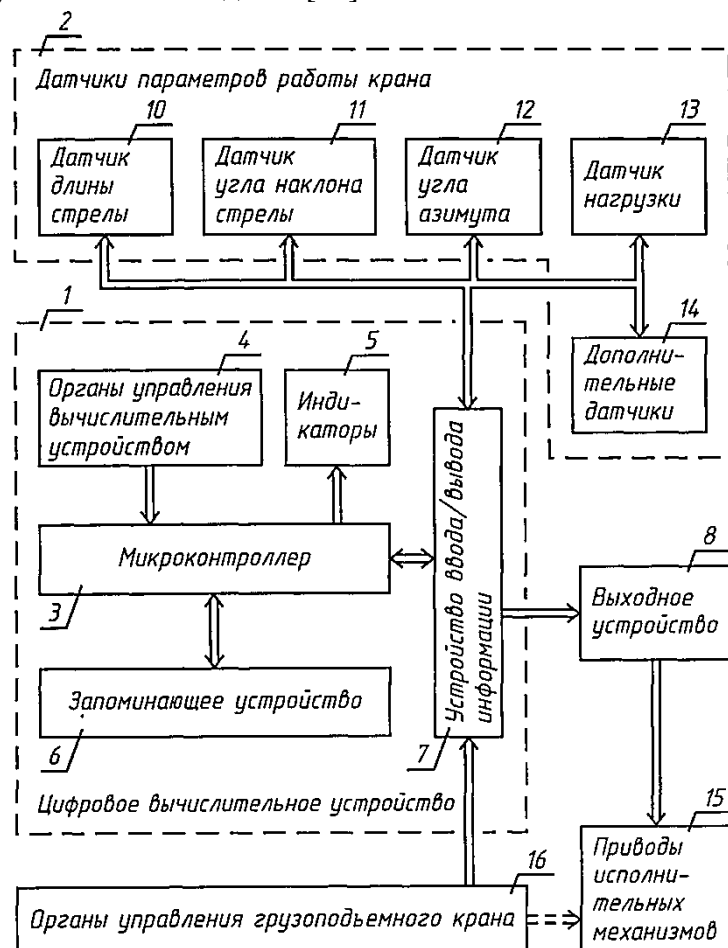


Рис.4. Функциональная схема системы управления и защиты грузоподъемного крана

Реализация способа заключается в том, что грузозахватный орган подводится к грузу и проводится его строповка. Подвешенная на канатах крюковая обойма выполняет функции отвеса и позволяет оператору установить точку подвеса над грузом с достаточно высокой точностью. Цифровое вычислительное устройство расчетным

путем с использованием математической модели крана прогнозирует величину горизонтального перемещения точки под воздействием веса груза, подлежащего подъему. Определяет изменение вылета, которое должно произойти вследствие деформации стрелового оборудования крана при подъеме груза. Цифровое вычислительное устройство формирует сигналы управления приводом механизма телескопирования, подъема стрелы или перемещения грузовой тележки крана, обеспечивая автоматическое уменьшение вылета на прогнозируемую величину. Когда груз находится на земле, оператор инициирует подъем грузозахватного органа путем включения привода грузовой лебедки. При подъеме груза в результате нагружения крана происходит деформация стрелового оборудования крана. Точка смещается в сторону груза. В результате этого, в момент отрыва груза от земли грузовые канаты занимают вертикальное положение. Раскачивание груза при его подъеме не происходит.

Величину веса груза вводят в цифровое вычислительное устройство оператором с помощью органов управления 4. Для более эффективного управления грузоподъемным краном, целесообразно с помощью цифрового вычислительного устройства 1 сформировать и реализовать оптимальную траекторию подъема/опускания и перемещения груза. В микроконтроллер 3 цифрового вычислительного устройства 1 вводят параметры или координаты пространственного положения конечной точки перемещения груза относительно грузоподъемного крана. Поэтому подъем/опускание и перемещение груза осуществляется с минимальными затратами энергии или времени, а горизонтальная и вертикальная скорости перемещения груза в момент достижения им конечной точки равны нулю. Параметры или координаты пространственного положения конечной точки перемещения груза вводят в цифровое вычислительное устройство 1 оператором.

Сначала оператор инициализирует начало движения. Дальнейшее формирование сигналов управления приводами исполнительных механизмов 15 осуществляется цифровым вычислительным устройством 1 с использованием математической модели крана. Управление происходит с учетом предельно допустимых значений параметров и ограничений на работу приводов, ограничений по координатной защите и по допустимым нагрузкам крана, а также информации о статических и динамических параметрах крана предварительно введенных в запоминающее устройство 6 или в память микроконтроллера 3. В процессе движения груза микроконтроллер 3, с использованием выходных сигналов датчиков 2, отслеживает текущее пространственное положение и нагрузку, в случае необходимости, осуществляет изменение сигналов управления приводами 15, обеспечивая безопасное и эффективное управление краном.

При этом оператор визуально и с помощью индикаторов 5 контролирует работу крана. При введении оператором любых ограничений цифровое вычислительное устройство 1 учитывает приоритет оператора в управлении краном и осуществляет корректировку траектории перемещения груза.

Также цифровое вычислительное устройство 1 при помощи дополнительных датчиков 14 может контролировать внешние условия работы крана, например скорость ветра, и учитывать их при формировании сигналов управления приводами механизмов грузоподъемного крана.

Другое похожее изобретение направлено на повышение безопасности работы крана при подъеме путем уменьшения раскачивания груза при любой длине и угле наклона к горизонту стрелы крана, а также на снижение стоимости системы управления, повышение надежности за счет исключения датчика углового положения ветвей грузового каната и длинной линии связи для его подключения, а также на

повышение безопасности за счет снижения колебаний при раскачивании груза в процессе подъема [13].

На рис. 5 приведена схема системы для уменьшения раскачивания груза при подъеме.

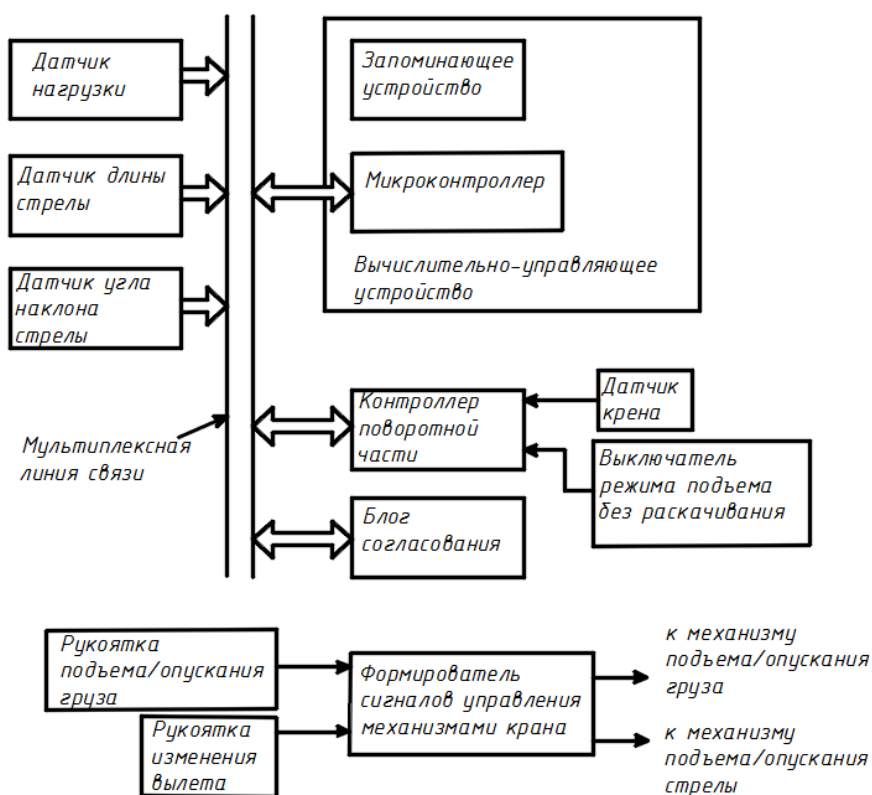


Рис.5. Функциональная схема системы для реализации предложенного способа уменьшения раскачивания груза при подъеме

Первоначально при настройке задают допустимое отклонение ветвей грузового каната от вертикального положения в виде допустимого отклонения вылета и вводят его в запоминающее устройство. При работе устанавливают грузозахватный орган крана над центром масс поднимаемого груза. Перед включением механизма подъема грузозахватного органа выключателем включают режим подъема груза без раскачивания. При получении сигнала от выключателя микроконтроллер рассчитывает начальные значения усилия на грузозахватном органе и вылета по значениям конструктивных параметров крана и сигналам датчика угла наклона стрелы, датчика длины стрелы, датчика крана и датчика нагрузки. Начальное значение вылета запоминают в устройстве. Рукояткой включают механизм подъема грузозахватного органа. При работе механизма усилие на грузозахватном органе возрастает, что приводит к деформации конструкции крана. В процессе подъема груза непрерывно определяют текущее значение вылета, рассчитываемое с учетом текущих значений угла наклона стрелы, крана, длины стрелы и усилия на грузозахватном органе и граничные значения вылета. Сравнивают текущее значение вылета с начальным значением вылета и граничными значениями вылета. При достижении текущим значением вылета величины вычислительно-управляющее устройство передает в формирователь сигналы на отключение механизма подъема грузозахватного органа и включение механизма уменьшения вылета. При достижении значением вылета величины вычислительно-управляющее устройство и формирователь формируют сигналы на отключение механизма уменьшения вылета и включение механизма подъема грузозахватного

органа, и т.д. до полного отрыва груза от земли, либо до отпускания рукояток и управления механизмами крана.

При необходимости в процессе подъема груза корректируют исходное значение вылета путем повторного включения выключателя режима подъема без раскачивания.

Для повышения безопасности работы крана регулируют скорость механизмов крана в зависимости от нагрузки на грузозахватном органе.

Заявленная система, реализующая предлагаемый способ уменьшения раскачивания груза при подъеме стреловым краном, может быть реализована промышленным способом на приборостроительном заводе с использованием современных электронных компонентов и технологий.

3. Заключение

Проанализировав все вышеуказанные изобретения, направленные на стабилизацию процесса раскачивания груза, можно выделить основные направления проведения мероприятий с целью обеспечения безопасности и эффективности строительно-монтажных работ.

К первому направлению мероприятий можно отнести изменение системы грузового подвеса. Если на подвесе устанавливается механический гаситель колебаний в виде присоединенной массы, вес которой незначителен, то период и амплитуда колебаний гибкого подвеса снижается. Мероприятия по уменьшению амплитуды и периода колебаний могут привести к существенному повышению производительности.

Также существуют такие изобретения, направленные на изменение системы грузового подвеса: аэродинамический стабилизатор-наводчик груза подъемного крана, который навешивается как сменное оборудование на крюк крана; поворотное грузозахватное устройство, выпускаемой фирмой «Пайнер»; устройство, позволяющее обеспечить автоматически регулировать процесс уравнивания груза на канате башенного крана, которое содержит два асинхронных двигателя, вращающихся в противоположных направлениях. Наиболее эффективным изобретением, навешиваемым на канат строительного крана, является устройство для гашения колебаний груза, принципом действия которого является гироскопический эффект.

Другие способы предотвращения раскачивания груза заключаются в воздействии на органы управления краном. Например, отключение приводов механизмов крана с незначительной выдержкой времени, предназначенной для исключения влияния динамических помех. Описан способ предотвращения раскачивания груза при его подъеме, который базируется на стабилизации положения точки его подвеса в горизонтальной плоскости с использованием регулирования по углу отклонения грузовых канатов от вертикального положения.

Реализация следующих способов заключается в том, что при работе крана используются цифровое вычислительное устройство, которое расчетным путем, используя математическую модель крана, прогнозирует величину горизонтального перемещения точки под воздействием веса груза, подлежащего подъему.

Последний способ уменьшения раскачивания груза является наиболее эффективным среди всех вышеописанных. Изобретение уменьшает раскачивание груза при любой длине и угле наклона к горизонту стрелы крана, оно имеет сниженную стоимость системы управления, имеет повышенную надежность и безопасность.

Можно сделать вывод о том, что существует множество способов обеспечить безопасность строительно-монтажных работ на строительной площадке путем использования этих изобретений и внедрением новых. Но особенно актуальны эти изобретения в работе башенных кранов, так как башенный кран имеет большую высоту, и устранение колебаний грузового подвеса требует много времени. Раскачивание груза приводит к колебаниям металлоконструкции крана. Канаты

грузового подвеса у башенного крана при постоянных колебаниях скручиваются и раскручиваются, что может привести к внезапному обрыву. Множество несчастных случаев на строительной площадке связаны с обрывом канатов. Изобретения, представленные выше способны при комплексном использовании обеспечить безопасность работы башенного крана, снизить энергетические затраты оператора по точной посадке груза в проектное положение и увеличить производительность работ при возведении строительных объектов.

Библиографический список

1. Голдобина Л.А., Орлов П.С. Пути обеспечения надежности, безопасности и эффективности строительно-монтажных работ при возведении зданий и сооружений путем стабилизации процесса раскачивания грузового подвеса// Записки горного института. -2016. – С. 322–330.
2. Кофанов А.В. Безопасность труда в строительном комплексе России// Научно-практический Интернет журнал «Наука. Строительство. Образование». –2011. №2
3. Гернет М.М., Ратобильский В.Ф. Определение моментов инерции// М.: Машиностроение, – 1969, –С.246.
4. Голдобина Л.А., Власов А.В., Бочков А.Л. Теоретическое обоснование снижения раскачивания груза на канате строительного крана// Техно-технологические проблемы сервиса: Научн.-техн. Журнал НИИТТС. –2011, – С.52–60.
5. Журнал «Строительные и дорожные машины», – 1998, 1, С. 17–19.
6. Вайнсон А.А., Андреев А.Ф. Крановые грузозахватные устройства// Справочник. М.: Машиностроение. –1982, – С.40–41.
7. Устройство для гашения колебаний груза, повешенного на канате строительного крана: патент 2224708 РФ / Л.А.Голдобина, В.С.Шкрабак, Ю.Ф.Лачуга и др. №2001119906/11; заявл. 20.06.2003; опубл.27.02.2004.
8. Устройство для гашения колебаний груза, повешенного на канате строительного крана: пат. 2280607 РФ / Л.А.Голдобина, А.П.Орлов, П.С.Орлов. №2004115124/11; заявл. 19.05.2004; опубл.27.07.2006.
9. Способ управления грузоподъемными механизмами с фиксацией их характеристик и устройство для его осуществления: пат. №2116240 С1 РФ. Способ управления грузоподъемными механизмами с фиксацией их характеристик и устройство для его осуществления/ Казаков Э.А..
10. Способ управления грузоподъемным краном и устройство для его реализации: пат. 2309112 РФ / М.И.Затравкин, Л.С.Каминский, Д.М.Маш и др. №2006106630/11; заявл.03.03.2006; опубл.27.10.2007.
11. Способ предотвращения раскачивания при подемe груза грузоподъемным краном и устройство для его реализации : пат. 2312814 С1 РФ. / М.И.Затравкин, Л.С.Каминский, Д.М.Маш и др. №2006106627/11; заявл. 03.03.2006; опубл.20.12.2007.
12. Способ предотвращения раскачивания груза на гибком подвесе : патент №2406679 РФ. / В.А.Коровин, К.В.Коровин. №2009106112/11; заявл.20.02.2009; опубл.20.12.2010.
13. Способ уменьшения раскачивания груза при подъеме стреловым краном и система его осуществления : пат. 2422354 РФ / А.В.Ерзутов, М.И.Затравкин, Л.С.Каминский и др. №2010109394/11; заявл.15.03.2010; опубл. 27.06.2011

References

1. Goldobina L.A., Orlov P.S. Puti obespecheniia nadezhnosti, bezopasnosti i effektivnosti stroitel'no-montazhnykh rabot pri vozvedenii zdaniy i sooruzhenii putem stabilizatsii protsessa raskachivaniia gruzovogo podvesa [Ways to ensure the reliability, safety and efficiency of construction and installation works in the construction of buildings

and structures by stabilizing the process of rocking the cargo suspension]. Zapiski gornogo instituta, 2016, pp. 322–330.

2. Kofanov A.V. Bezopasnost' truda v stroitel'nom komplekse Rossii [Safety in the construction industry in Russia]. Nauchno-prakticheskii Internet zhurnal «Nauka. Stroitel'stvo. Obrazovanie», 2011, №2.

3. Gernet M.M., Ratobyl'skii V.F. Opredelenie momentov inertsii [Determination of moments of inertia]. M.: Mashinostroenie, 1969, pp.246.

4. Goldobina L.A., Vlasov A.V., Bochkov A.L. Teoreticheskoe obosnovanie snizheniia raskachivaniia gruzha na kanate stroitel'nogo kрана [Theoretical justification for reducing the rocking of cargo on the rope of a construction crane]. Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa: Nauchn.-tekhn. Zhurnal NIITS. 2011, pp.52–60.

5. Zhurnal «Stroitel'nye i dorozhnye mashiny», 1998, 1, pp. 17–19.

6. Vainson A.A., Andreev A.F. Kranovye gruzozakhvatnye ustroystva [Crane load gripping devices]. Spravochnik. M.: Mashinostroenie. 1982, pp.40–41.

7. Ustroystvo dlia gasheniia kolebaniia gruzha, poveshennogo na kanate stroitel'nogo kрана: patent 2224708 RF [Device for damping the vibration of a load suspended on a rope of a construction crane], L.A.Goldobina, V.S.Shkrabak, Iu.F.Lachuga i dr. №2001119906/11; zaiavl. 20.06.2003; opubl.27.02.2004.

8. Ustroystvo dlia gasheniia kolebaniia gruzha, poveshennogo na kanate stroitel'nogo kрана: pat. 2280607 RF [Device for damping the vibration of a load suspended on a rope of a construction crane], L.A.Goldobina, A.P.Orlov, P.S.Orlov. №2004115124/11; zaiavl. 19.05.2004; opubl.27.07.2006.

9. Sposob upravleniia gruzopod"emnymi mekhanizmami s fiksatsiei ikh kharakteristik i ustroystvo dlia ego osushchestvleniia: pat. №2116240 S1 RF [The method of controlling load-lifting mechanisms with fixation of their characteristics and the device for its implementation], Kazakov E.A..

10. Sposob upravleniia gruzopod"emnym kранom i ustroystvo dlia ego realizatsii: pat. 2309112 RF [Method for controlling the crane and the device for its implementation], M.I.Zatravkin, L.S.Kaminskii, D.M.Mash i dr. №2006106630/11; zaiavl.03.03.2006; opubl.27.10.2007.

11. Sposob predotvrashcheniia raskachivaniia pri podeme gruzha gruzopod"emnym kранom i ustroystvo dlia ego realizatsii : pat. 2312814 S1 RF [The method of preventing swinging when the load is carried by a crane and the device for its realization], M.I.Zatravkin, L.S.Kaminskii, D.M.Mash i dr. №2006106627/11; zaiavl. 03.03.2006; opubl.20.12.2007.

12. Sposob predotvrashcheniia raskachivaniia gruzha na gibkom podvese : patent №2406679 RF [The method of preventing the swinging of cargo on a flexible suspension], V.A.Korovin, K.V.Korovin. №2009106112/11; zaiavl.20.02.2009; opubl.20.12.2010.

13. Sposob umen'sheniia raskachivaniia gruzha pri pod"eme strelovym kранom i sistema ego osushchestvleniia : pat. 2422354 RF [A method for reducing sway when lifting jib crane system and its implementation], A.V.Erzutov, M.I.Zatravkin, L.S.Kaminskii i dr. №2010109394/11; zaiavl.15.03.2010; opubl. 27.06.2011

Об авторах:

Шептунова Кристина Сергеевна (Пермь, Россия) – студент строительного факультета по специальности «Промышленное и гражданское строительство» ПНИПУ (e-mail: krist-sv@yandex.ru)

Вахрушев Сергей Иванович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительное производство и геотехника» Пермского национального исследовательского политехнического университета (e-mail: spstf@pstu.ru)

About the authors:

Sheptunova Kristina Sergeevna (Perm, Russia) – a student of Civil Engineering Faculty, the direction is Industrial and Civil Engineering, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: krist-sv@yandex.ru)

Vahrushev Sergey Ivanovich (Perm, Russian Federation) – Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Building production and geotechnics, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: spstf@pstu.ru).