

СИСТЕМА ПАРАМЕТРОВ ЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ СТРЕЛОВЫХ КРАНОВ

Редькин А. В.,

доц., канд. техн. наук,

Поляков Д. С.,

магистрант,

Тульский государственный университет, г. Тула

Рассмотрены вопросы ограничения грузоподъемности стреловых кранов при автоматизации управления рабочими операциями. Предложены принципы построения системы предотвращения опрокидывания мобильных грузоподъемных машин. Приведена обобщенная схема автомобильного крана. В качестве критерия сохранения устойчивости предлагается использовать положение относительно опорного контура точки приложения приведенной нагрузки.

Ключевые слова: автомобильный кран, безопасность, устойчивость, управление, мониторинг.

SYSTEM OF PROTECTIVE CHARACTERISTICS PARAMETERS OF JIB CRANES SAFETY SYSTEMS

The issues of limiting the mobile cranes lifting capacity in the automation of the management of work operations are considered. The principles of construction of a system to prevent mobile load-lifting machines overturning are proposed. A generalized scheme of an automobile crane is given. As a maintaining stability criterion it is proposed to use the position relative to the reference contour of the point of reduced load application.

Keywords: mobile crane, safety, stability, control, monitoring.

Основными задачами при автоматизации управления грузоподъемными операциями является обеспечение оптимизации рабочего процесса, точности позиционирования, минимизации колебаний груза при соблюдении условий устойчивости к опрокидыванию [1; 2].

Ограничение грузоподъемности крановых установок обуславливается предельной мощностью привода, прочностными характеристиками конструкции грузоподъемных машин (ГПМ) и в значительной степени условиями сохранения устойчивости. Это связано, во-первых, с тем, что с перегрузкой связано большинство всех аварий стреловых кранов (опрокидывание, разрушение конструктивных элементов), во-вторых, с тем, что эти аварии приводят, как

правило, к разрушению самой машины без возможности ее дальнейшего восстановления, а также возможным вторичным разрушениям и человеческим жертвам.

В современных микропроцессорных системах управления грузоподъемными операциями используются так называемые защитные характеристики, представляющие собой зависимость суммарной допустимой нагрузки P от текущего положения крановой установки. В простейшем случае (рис. 1а) она аналогична грузовысотной характеристике. Участок кривой 1 соответствует ограничениям по прочности, участок 2 — условиям сохранения устойчивости.

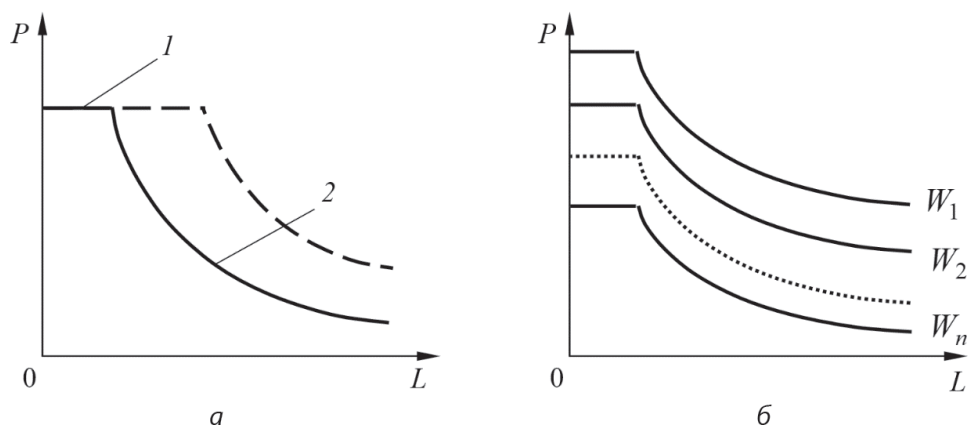


Рис. 1. Грузовысотные характеристики

Соотношение участков 1 и 2 определяется типом крана и дополнительными мерами, принимаемыми для повышения устойчивости. Так, например, самоходные краны на специальном шасси с большой грузоподъемностью и высотой подъема груза часто оснащаются добавочными противовесами, устанавливаемыми по прибытии на место работы. Эти меры позволяют добиться значительного увеличения удерживающего момента и, соответственно, запаса по устойчивости при больших значениях вылета стрелы. В то же время увеличивается длина участка 1 защитной характеристики (пунктир на рис. 1а), то есть повышается вероятность разрушения конструкции вследствие перегрузки при меньшем значении вылета. Наиболее вероятными местами разрушений являются узлы крепления стрелы к опорно-поворотному устройству, болтовые соединения, сварные швы, места концентрации напряжений в металлоконструкции и т. п.

Для автомобильных кранов небольшой грузоподъемности основной задачей устройства безопасности является обеспечение устойчивости к опрокидыванию. Предельная нагрузка P является функцией ряда величин, постоянно изменяющихся в течение рабочего цикла. В качестве основного аргумента

защитной характеристики рассматривается вылет стрелы относительно ребра опрокидывания L , определяющий величину опрокидывающего момента,

В качестве обобщенного параметра, характеризующего влияние положения рабочего оборудования и груза на устойчивость, можно рассматривать текущее положение центра масс крана с грузом относительно опорного контура [3]. Система контроля грузовой устойчивости осуществляют мониторинг текущего положения центра масс относительно ребра опрокидывания с целью определения запаса устойчивости. Если смещение проекции центра масс достигает зоны опасного снижения устойчивости, происходит формирование направленного воздействия стабилизирующего характера для ограничения скоростей или блокирования перемещения технологического оборудования. Координаты центра масс можно определить с помощью датчиков нагрузки на опорах. В этом случае аргументом защитной характеристики будет являться не вылет стрелы L , а относительное расстояние от центра масс до ребра опрокидывания:

$$\delta = \min \left\{ \frac{2a}{a + x_c}; \frac{2b}{b + y_c} \right\},$$

где x_c, y_c — координаты центра масс относительно оси вращения стрелы крана, a, b — габаритные размеры опорного контура. Ограничение накладывается не на абсолютное значение нагрузки P , а на ее относительное приращение

$$\Delta P = \frac{P - P'}{P'},$$

где P' — текущее значение нагрузки, которое также можно определить с помощью датчиков нагрузки на опорах [4].

Просадка грунта под выносными опорами приводит к нарушению горизонтальности опорного контура, что сказывается на соотношении удерживающего и опрокидывающего моментов. Следовательно, в общем случае защитная характеристика будет представлять собой гиперповерхность, которую можно представить в виде зависимости допустимой нагрузки P от обобщенных координат X и Y . Координата X определяется текущим положением крановой установки и рабочего оборудования, координата Y — внешними возмущениями и отклонениями в режимах работы механизмов.

Таким образом, при управлении грузоподъемными операциями система датчиков формирует информационный массив, позволяющий определить текущее значение $P(X, Y)$, в зависимости от которого подаются управляющие сигналы на исполнительные двигатели. Системы, основанные на рассмотренном принципе, обеспечивают согласованную работу исполнительных приводов с точки зрения устойчивости к опрокидыванию, исключая создание

аварийных ситуаций без отключения рабочих механизмов и остановки выполняемых грузоподъемных операций [3; 4]. Оптимизация производительности и энергоэкономичности достигается путем автоматизации процессов регулирования скоростных и мощностных режимов работы механизмов крана.

Список литературы

1. Редькин А. В., Сорокин П. А. Методы обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов при ненормируемых внешних воздействиях // Строительные и дорожные машины. 2015. № 9. С. 16–19.
2. Редькин А. В., Сорокин П. А., Митяев А. С. Интеграция систем безопасности и управления исполнительными приводами мобильных стреловых кранов // Строительные и дорожные машины. 2018. № 7. С. 6–10.
3. Пат. 2267458 РФ, МПК В66С23/90. Система контроля грузовой устойчивости мобильных грузоподъемных машин / Сорокин П. А., Редькин А. В., Козлов М. В. № 2004113179/11; заявл. 28.04.2004; опубл. 10.01.2006, Бюл. № 1.
4. Пат. 2349536 РФ, МПК В66С15/00. Способ управления грузовой устойчивостью мобильного грузоподъемного крана и устройство для его осуществления / Сорокин П. А., Чернов А. В., Редькин А. В., Жильцов А. В. № 2007118310/11; заявл. 16.05.2007; опубл. 20.03.200, Бюл. № 8.