

УДК 621.878.447.5

Тюрин Ян Игоревич, аспирант,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, yan_tyurin@mail.ru

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ ФРОНТАЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ С РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ МАНИПУЛЯТОРНОГО ТИПА

Аннотация. Данное исследование посвящено вопросу повышения эффективности эксплуатации дорожно-строительных машин на примере фронтальных погрузчиков. При использовании фронтальных погрузчиков с телескопической стрелой возникает риск потери устойчивости, что может приводить к появлению аварийных ситуаций. Визуальный контроль, проводимый оператором погрузчика, в таких случаях, не является гарантом сохранения устойчивого положения погрузчика. В данной статье приведены некоторые предпосылки к созданию автоматизированной системы управления (САУ) рабочим процессом фронтального погрузчика с навесным грузоподъёмным оборудованием. Такая система позволит контролировать рабочий процесс фронтальных погрузчиков в процессе эксплуатации, что позволит обеспечить безаварийность проводимых работ и определить оптимальную траекторию перемещения груза. Представлены обобщённый алгоритм движений погрузчика и принцип работы будущей системы автоматизированного контроля устойчивости.

Ключевые слова: фронтальный погрузчик, устойчивость, САУ, рабочий цикл, производительность, эффективность.

Tyurin Yan I., postgraduate student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, yan_tyurin@mail.ru

ANALYSIS OF THE AUTOMATIC PROCESS OF STABILITY CONTROL OF FRONT LOADERS WITH MANIPULATOR

Abstract. This research is devoted to the issue of improving of the efficiency of road construction machines on the example of front loaders. When using a front loaders with a telescopic boom, there is a risk of loss of stability which can lead to emergencies. The visual inspection carried out by the operator of a loader, in such cases, is not a guarantee of keeping a front loader in a stable condition. In this article some prerequisites for the creation of an automatic control system (ACS) for the working process of front loader with lifting working equipment are presented. Such system will allow to monitor the working process of front loaders during operation which will ensure the trouble-free operation and determine

the optimal trajectory of load's movement. A generalized algorithm of movements of front loader and the concept of the future system of automatic stability control are given.

Key words: front loader, stability, automatic control system, operation time, productivity, efficiency.

Введение

Выполнение погрузочно-разгрузочных работ при перемещении грузов фронтальными погрузчиками с установленной на конце стрелы крюковой подвеской сопровождается постоянным риском возникновения потери устойчивости.

Позиционирование рабочего оборудования в процессе перевозки груза, закрепленного на крюковой подвеске, оператором фронтального погрузчика выполняется вручную без использования какой-либо вспомогательной системы. Безопасность рабочего процесса в рассматриваемом случае определяется отсутствием аварий, связанных с опрокидыванием машины. Выбор оптимального режима движения рабочего оборудования в сочетании с поступательным перемещением фронтального погрузчика может считаться важным фактором проведения безаварийных работ [1; 2].

Визуальный контроль, производимый оператором при перемещении груза, не позволяет добиться оптимального движения рабочего оборудования ввиду внезапного характера возникновения опрокидывания.

Таким образом, существует необходимость автоматизированного подбора режима движения рабочим оборудованием и поступательного перемещения фронтального погрузчика при выполнении однотипных работ, повторяющихся в процессе многократно. Автоматизированный контроль устойчивости фронтального погрузчика подразумевает интеллектуальную (автономную) оптимизацию набора различных характеристик транспортных перемещений погрузчика, которые обеспечат достижение максимальной эффективности, и помогут добиться непрерывности и безаварийности производимых работ.

Концепция САУ

Предполагается, что такая система по автоматизированному контролю устойчивости (САУ) будет производить регистрацию и учитывать влияние от следующих массовых, геометрических и динамических параметров:

1. Габариты фронтального погрузчика, его отдельных звеньев и размеры транспортируемого груза.
2. Масса фронтального погрузчика, его отдельных звеньев и масса транспортируемого груза.
3. Инерционные силы, возникающие при поступательном перемещении погрузчика, ускорении и торможении.
4. Инерционные силы, возникающие при вращении стрелы погрузчика и колебаниях груза на крюковой подвеске.
5. Реакции, возникающие в местах контакта шасси погрузчика с опорной поверхностью.

Оптимизация с использованием такой системы может рассматриваться как многокритериальная задача, подразумевающая поиск значений оптимизируемых показателей с использованием нескольких критериев [3; 4].

Устойчивость – это способность машины противостоять возникающим опрокидывающим нагрузкам. При движении происходит изменение реакций на опоры шасси, что является следствием возникновения динамических нагрузок [5; 6]. В ходе выполнения производимых работ, фронтальный погрузчик может сохранять как статическую устойчивость, когда в местах контакта шин погрузчика с опорной поверхностью не происходит отрыва на протяжении всего времени выполнения работ, так и динамическую, когда шасси погрузчика может кратковременно потерять контакт с опорной поверхностью и вновь вернуться в устойчивое положение (раскачивание вокруг ребра опрокидывания).

В случае равенства нагрузок нулю в местах контакта шасси погрузчика с опорной поверхностью, резко повышается вероятность выхода равнодействующей силы тяжести за пределы опорного контура погрузчика за счёт возможности раскачивания машины.

Задача рассматриваемой системы – обеспечение статической устойчивости погрузчика в течение всего времени выполнения транспортных работ.

Исследование динамики движений и кинематических связей машины возможно на виртуальных 3D моделях [7]. Такой способ значительно снижает трудоёмкость проведения исследования, является менее затратным и позволяет получить объективные данные о работе идеализированной модели машины.

Порядок движения погрузчика может иметь следующий вид (рис. 1):

1. В неподвижном состоянии в начальной точке движения установка необходимого (начального) угла наклона стрелы.
2. Начало равноускоренного движения совместно с опусканием стрелы с грузом.
3. Остановка в конечной точке движения и опускание стрелы с грузом до момента касания грузом опорной поверхности.

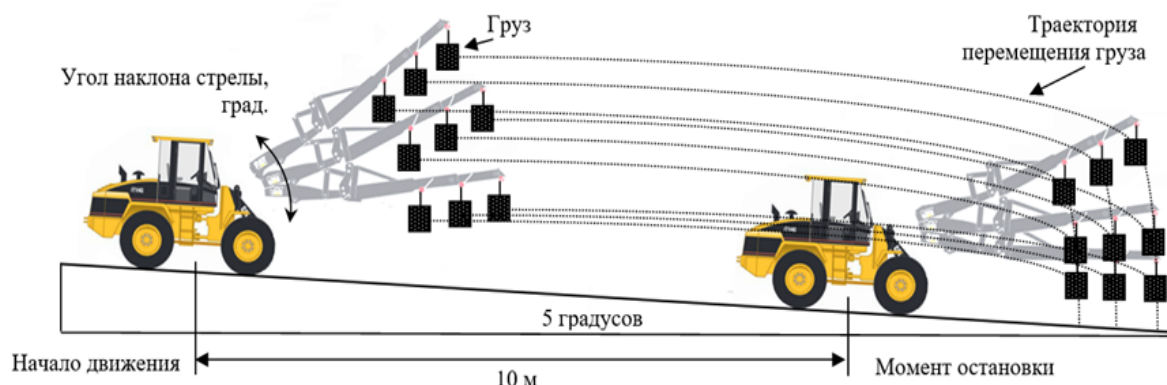


Рис. 1. Варианты траекторий перемещения груза погрузчиком

Общая последовательность системы по автоматизированному контролю устойчивости может быть представлена в следующем порядке:

1. При установке на рабочей площадке (погрузчик неподвижен), перед началом движения:

1.1. Определить пространственную ориентацию погрузчика на местности, включая определение высотных координат и угла наклона опорной поверхности.

1.2. Задать типовой режим движения рабочего оборудования погрузчика и рассчитать число комбинаций траекторий груза.

1.3. Задать кинематические характеристики движения груза (скорость, ускорение) по траекториям.

1.4. Произвести расчёт углов раскачивания и удерживающих моментов (для выбранного ребра опрокидывания) для каждой из комбинации для типового режима движения рабочего оборудования.

1.5. Выбрать траекторию, обеспечивающую наименьший угол раскачивания и наибольший удерживающий момент.

2. При выполнении работ:

2.1. При перемещении груза осуществляется контроль нагрузок в местах контакта колес с опорной поверхностью.

2.2. При приближении нагрузок на опорах (по отдельности) к нулевому значению, снизить ускорение движения и немедленно произвести остановку погрузчика.

Выводы

Принцип работы предполагаемой системы автоматизированного контроля рабочим процессом фронтального погрузчика заключается в подборе оптимизированных характеристик под конкретизированные условия эксплуатации, а именно, устанавливается оптимальный режим (комбинация) движения рабочего оборудования (скорость опускания стрелы) и начальный угол наклона стрелы погрузчика, сочетание которых дадут возможность получить оптимальную траекторию перемещения

груза, оптимизировать продолжительность рабочего цикла, и, одновременно, обеспечить устойчивое положение погрузчика на протяжении всего времени эксплуатации.

Список литературы

1. Мандровский, К.П. Оптимизация опорного контура колёсной машины, оснащённой манипуляторным оборудованием, для повышения её устойчивости / К.П. Мандровский, Я.И. Тюрин // Вестник машиностроения. – 2017. – № 10. – С. 33–34.
2. Mandrovskiy, K.P. Optimizing the support polygon of a wheeled excavator in terms of stability / K.P. Mandrovskiy, Y.I. Tyurin // Russian Engineering Research. – New York, 2018. – Vol. 38, № 1. – PP. 19–21.
3. Lagerev, A.V. Preliminary dynamics and stress analysis of articulating non-telescoping boom cranes using finite element method / A.V. Lagerev, I.A. Lagerev, A.A. Milto // International Review on Modelling and Simulations. – 2015. – Vol. 8, № 2. – PP. 223–226.
4. Lagerev, A.V. Tool for preliminary dynamics and stress analysis of articulating cranes / A.V. Lagerev, I.A. Lagerev, A.A. Milto // International Review on Modelling and Simulations. – 2014. – Vol. 7, № 4. – PP. 644–652.
5. Мандровский, К.П. Режимы движения как инструмент контроля динамической устойчивости дорожных и строительных машин с грузоподъёмным рабочим оборудованием / К.П. Мандровский // Подъемно-транспортное дело. – 2016. – № 6. – С. 2–7.
6. Мандровский, К.П. Оценка динамической устойчивости в мониторинговой системе управления технико-экономической эффективностью дорожных машин / К.П. Мандровский // Вестник Донского государственного технического университета. – 2016. – Т. 16; № 2 (85). – С. 69–76.

7. Featherstone, R. Rigid body dynamics algorithms / R. Featherstone. – New York: Springer, 2008. – 272 p.

References

1. Mandrovskij K.P., Tjurin Ja.I. *Vestnik mashinostroenija*, 2017, no. 10, pp. 33–34.
2. Mandrovskij K.P., Tjurin Ja.I. *Russian Engineering Research*, 2018, no. 38 (1), pp. 19–21.
3. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Milto A.A. Preliminary dynamics and stress analysis of articulating non-telescoping boom cranes using finite element method, *International Review on Modelling and Simulations*, 2015, vol. 8, no. 2, pp. 223–226.
4. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Milto A.A. Tool for preliminary dynamics and stress analysis of articulating cranes, *International Review on Modelling and Simulations*, 2014, vol. 7, no. 4, pp. 644–652.
5. Mandrovskij K.P. *Pod'emno-transportnoe delo*, 2016, no. 6, pp. 2–7.
6. Mandrovskij K.P. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, 2016, no. 2 (85), pp. 69–76.
7. Featherstone R. Rigid body dynamics algorithms, New York, Springer, 2008, 272 p.