

УДК 621.9.06-82

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВОЙ НАГРУЗКИ
ГИДРОЦИЛИНДРОВ ГОРИЗОНТИРОВА-
НИЯ КРУТОСКЛОННОЙ ТЕХНОЛОГИ-
ЧЕСКОЙ МАШИНЫ В РЕЖИМЕ
БОКОВОГО ВЫРАВНИВАНИЯ***М. Ю. Зорченко, А. А. Тумаков*

Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

zorchenko2012@mail.rutumakov40@mail.ru

Работа посвящена проблеме совершенствования автоматической системы горизонтирования положения крутосклонных технологических машин и механико-математическому моделированию силовой нагрузки гидроцилиндров горизонтирования в режиме бокового выравнивания. Приведены разработанная схема и модель силовой нагрузки гидроцилиндров, результаты вычислительного эксперимента по исследованию силовых нагрузок в режиме бокового выравнивания крутосклонной технологической машины. Даны рекомендации по использованию механико-математической модели и результатов исследования силовых нагрузок гидроцилиндров для разработки Simulink модели гидропривода автоматической системы горизонтирования. Предлагаемое решение применимо к крутосклонным зерноуборочным комбайнам и другим технологическим машинам.

Ключевые слова: крутосклонная технологическая машина, зерноуборочный комбайн, автоматическая система горизонтирования, математическая модель силовой нагрузки гидроцилиндров.

Введение. Современные мобильные машины — это сложные и насыщенные агрегатами технологические решения, которые должны отвечать заданным требованиям в соответствии с условиями эксплуатации (рис.1). Для крутосклонных технологических машин таким требованием является возможность эффективно работать на грунтах с крутым склоном, выполняя при этом заданный технологический процесс.

UDC 621.9.06-82

**STUDY OF POWER LOAD OF LEVELING
HYDRAULIC CYLINDERS OF STEEP
TECHNOLOGICAL MACHINE IN SIDE
ALIGNMENT MODE***M. J. Zorchenko, A. A. Tumakov*

Don State Technical University
Rostov-on-Don, Russian Federation,

zorchenko2012@mail.rutumakov40@mail.ru

The paper is devoted to the improvement of the automatic system of leveling of steep technological machines, mechanics and mathematical modeling of power load of leveling hydraulic cylinders in side alignment mode. The paper provides the developed scheme and the model of power load of hydraulic cylinders, the results of computational experiments on the study of power loads in the mode of side alignment of steep technological machine. It includes recommendations on the use of mechanical and mathematical model and the results of the study of power loads of hydraulic cylinders to develop Simulink models of the hydraulic drive system of automatic levelling. The proposed solution is applicable to steep grain harvesters and other technological machines.

Keywords: steep technological machine, combine harvester, automatic leveling system, mathematical model of power load of hydraulic cylinders.



Бронеавтомобиль



Виноградоуборочный комбайн



Зерноуборочный комбайн

Рис. 1 Современные мобильные крутосклонные технологические машины

В этой связи возникает потребность в исследовании систем автоматического горизонтирования [1,2–5], которые позволяют быстро и с достаточной точностью выдерживать рабочее положение машины.

Системы горизонтирования, разработанные в 90-х годах прошлого века, за десятилетия мало изменились. При этом акцент делался на разработку и внедрение конструкторских решений, обеспечивающих их работоспособность. Поэтому возникает необходимость повышения эффективности функционирования и совершенствования существующих автоматических систем горизонтирования крутосклонных технологических машин, в том числе крутосклонных зерноуборочных комбайнов, на основе математического моделирования с использованием вычислительной техники и программного обеспечения (ПО). Внедрение инновационных методов расчета в машиностроение существенно облегчает поиск рациональных решений, значительно сокращает затраты времени и средств при разработке систем горизонтирования крутосклонных технологических машин. Эта проблема актуальна при непрерывно возрастающей конкуренции на рынке сельскохозяйственных, строительно-дорожных и других технологических машин с системами горизонтирования.

Цель и задачи исследования. Цель работы — повышение качества технологического процесса машин, производительности и безопасности работы на склонах на основе разработки математических моделей, отражающих функциональные зависимости между основными параметрами устройств горизонтирования, улучшение качества научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР).

Основными задачами исследования являются: разработка расчетной схемы силовой нагрузки гидроцилиндров горизонтирования; механико-математическое моделирование силовой нагрузки гидроцилиндров; исследование силовой нагрузки гидроцилиндров горизонтирования в среде Mathcad 14.

Основная часть. При работе на склоне автоматической системы горизонтирования технологической машины, в качестве которой выбран крутосклонный зерноуборочный комбайн, нагрузка гидроцилиндров выравнивания изменяется в зависимости от угла склона. Схема силовой нагрузки гидроцилиндров при изменении угла склона, разработанная применительно к крутосклонной технологической машине, представлена на рис. 2.

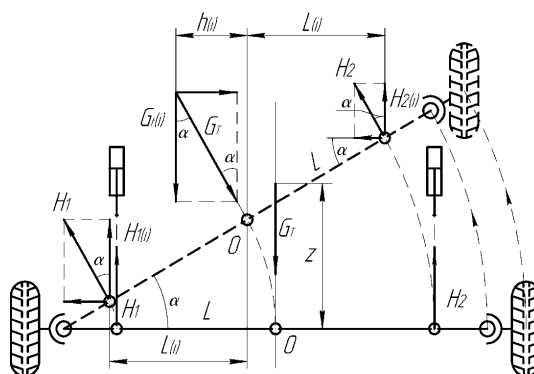


Рис. 2. Схема силовой нагрузки на гидроцилиндры горизонтирования при изменении угла склона

Математическую модель силовой нагрузки на гидроцилиндры при изменении угла склона получим по правилам механики из условия, что:

$$Gt(i) \cdot h(i) = H1(i) \cdot L(i) - H2(i) \cdot L(i) , \tag{1}$$

где $Gt(i) = Gt \cdot \cos\left(\alpha(i) \cdot \frac{\pi}{180}\right)$ — текущее значение вертикальной составляющей силы веса при изменении угла склона; $h(i) = Z \cdot \sin\left(\alpha(i) \cdot \frac{\pi}{180}\right)$ — текущее значение плеча вертикальной составляющей силы веса при изменении угла склона;

$H1(i) = H1 \cdot \cos\left(\alpha(i) \cdot \frac{\pi}{180}\right)$, $H2(i) = H2 \cdot \cos\left(\alpha(i) \cdot \frac{\pi}{180}\right)$, $H2(i) = Gt(i) - H1(i)$ — текущие значения силовых нагрузок на гидроцилиндрах горизонтирования при изменении угла склона, $L(i) = L \cdot \cos\left(\alpha(i) \cdot \frac{\pi}{180}\right)$ — текущее значение плеча силовых нагрузок на гидроцилиндрах горизонтирования при изменении угла склона.

Полученные математические модели изменения силовых нагрузок H1 и H2 на гидроцилиндрах горизонтирования при изменении угла склона имеют вид:

$$H1(i) = \frac{Gt \cdot [L \cdot (\cos(\alpha(i) \cdot \frac{\pi}{180}))^2 + Z \cdot \cos(\alpha(i) \cdot \frac{\pi}{180}) \cdot \sin(\alpha(i) \cdot \frac{\pi}{180})]}{2 \cdot (L \cdot \cos(\alpha(i) \cdot \frac{\pi}{180}))} \tag{2}$$

$$H2(i) = \frac{Gt \cdot [L \cdot (\cos(\alpha(i) \cdot \frac{\pi}{180}))^2 - Z \cdot \cos(\alpha(i) \cdot \frac{\pi}{180}) \cdot \sin(\alpha(i) \cdot \frac{\pi}{180})]}{2 \cdot (L \cdot \cos(\alpha(i) \cdot \frac{\pi}{180}))} \tag{3}$$

Результаты вычислительного эксперимента в графической форме приведены на рис. 3–5.

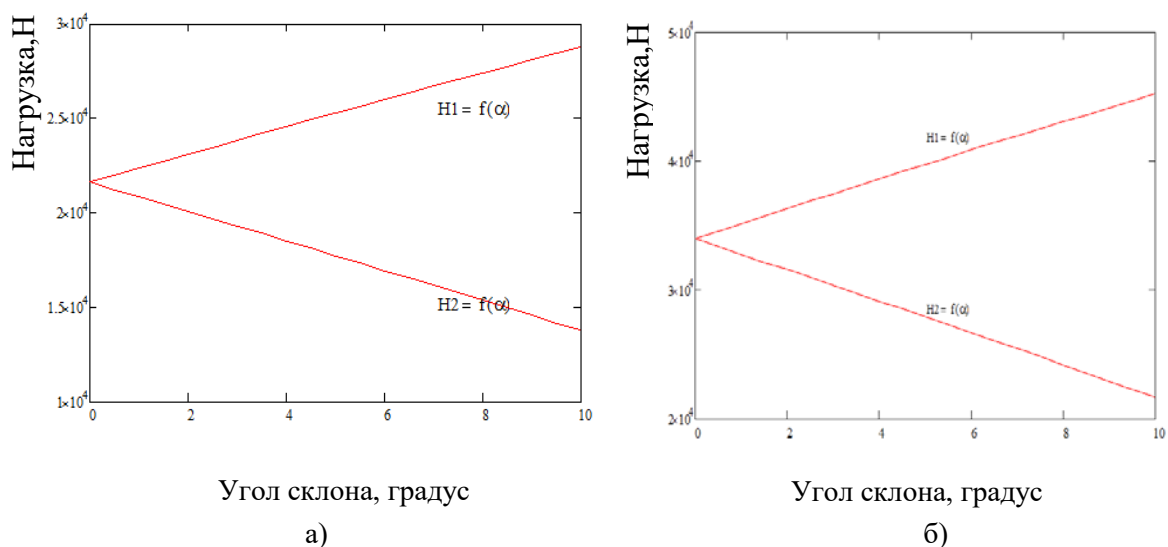


Рис. 3. Изменение нагрузок на гидроцилиндрах без учета инерционных сил в режиме автоматического горизонтирования на склоне 0–10 градусов:
 а — пустой бункер, б — бункер с зерном

Коэффициенты изменения нагрузки гидроцилиндров при режиме автоматического горизонтирования на склоне 0–10 градусов определяются по формулам:

$$K_m(i) = \frac{H1(i)}{H2(i)}; \quad K1m(i) = \frac{H1(i)}{H1(-1)}; \quad K2m(i) = \frac{H2(i)}{H2(-1)} \quad (4)$$

Значение коэффициентов и изменение нагрузки на гидроцилиндрах приведены в графической форме на рис. 4 и рис. 5.

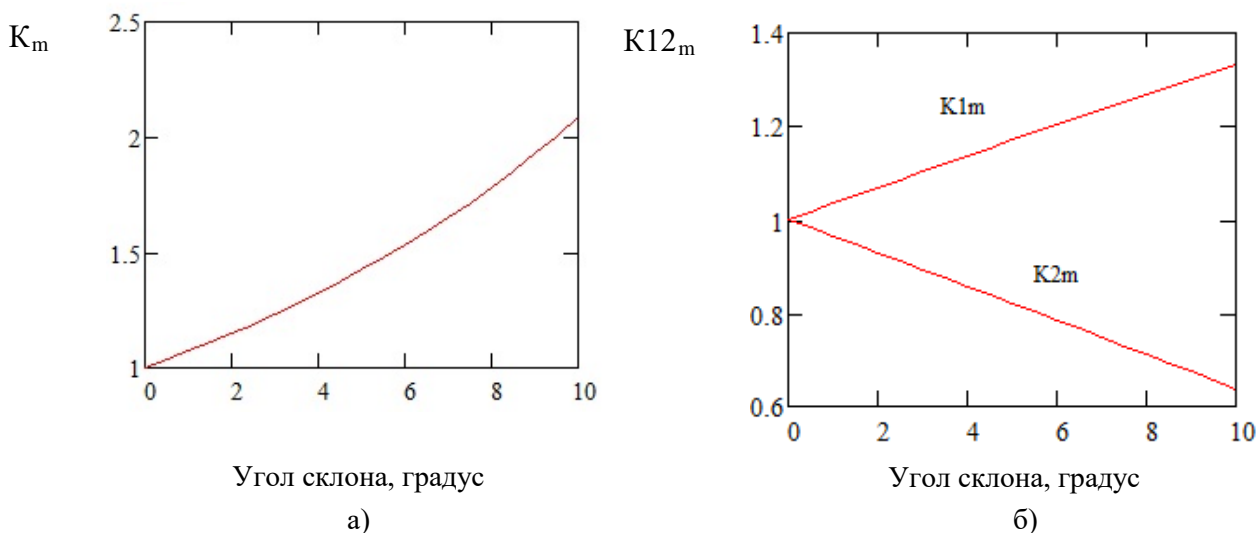


Рис.4. Изменение коэффициентов нагрузки на гидроцилиндрах на режиме автоматического горизонтирования при пустом бункере

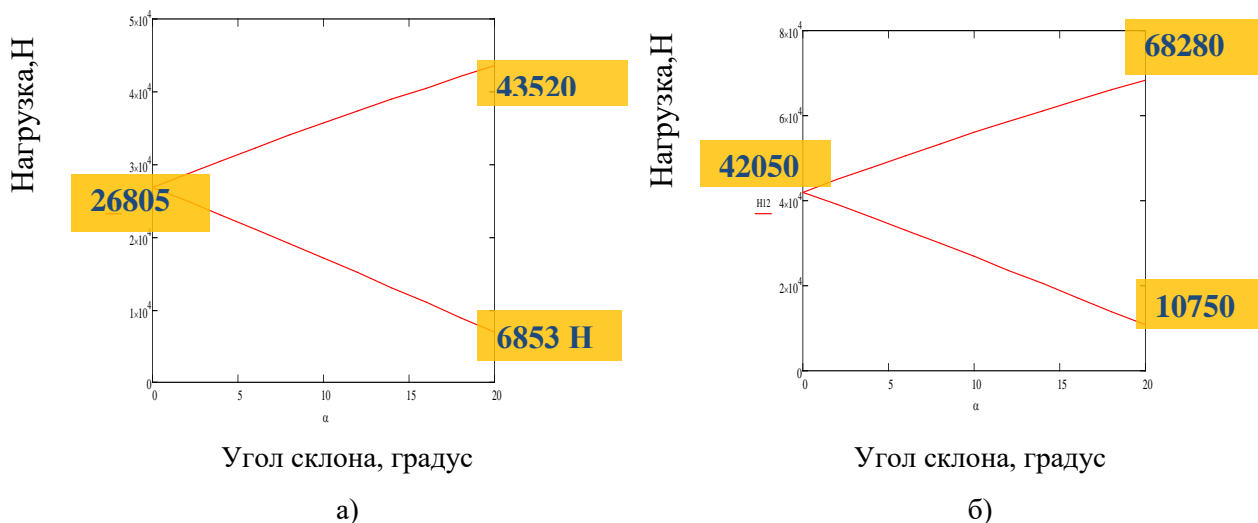


Рис. 5. Изменение нагрузки на гидроцилиндрах на режиме автоматического горизонтирования с учетом инерционных сил:
а) бункер пустой, $G_t=53610$ Н; б) бункер с зерном, $G_t=84100$ Н

Анализ результатов вычислительного эксперимента показал следующее:

- величины коэффициентов изменения нагрузок на гидроцилиндрах выравнивания в режиме автоматического горизонтирования на склоне 10 градусов равны соответственно $K_{m1} = 2,09$; $K_{m2}=1,332$; $K_{m3}=0,638$.
- нагрузка на нижнем гидроцилиндре при наклоне машины на 10 градусов возрастает 1,332 раза, а на верхнем снижается до 0,638 по сравнению с первоначальной на каждом из них;
- учет инерционных сил при горизонтировании увеличивает силовые нагрузки на плунжерах гидроцилиндров выравнивания на 24% по линейной зависимости на рис.5, аналогичной изменению нагрузок, приведенных на рис.3.

Выводы.

1. Математическая модель силовых нагрузок гидроцилиндров горизонтирования при изменении угла склона позволяет определять их текущие значения в процессе автоматического бокового выравнивания технологической машины.
2. Выражения 2 и 3 устанавливают взаимную механическую связь нагрузок гидроцилиндров выравнивания при изменении угла склона и могут быть использованы при механико-математическом моделировании гидропривода автоматической системы горизонтирования с использованием программного пакета Mathlab Simulink.
3. Рекомендуется использование приведенной механико-математической модели и результатов исследования силовых нагрузок гидроцилиндров для разработки Simulink модели гидропривода автоматической системы горизонтирования крутосклонной технологической машины.

Библиографический список.

- 1.Тумаков, А. А. Датчик крена системы горизонтирования крутосклонной машины / А. А. Тумаков // Гидрогазодинамика, гидравлические машины и гидропневмосистемы: сб. трудов междунар. науч.-метод. конф. — Москва : МЭИ, 2006. — С. 166–169.

2. Автоматизированная система управления гидроприводом горизонтирования мобильной машины / А. А. Тумаков // Инновации, экология и ресурсосберегающие технологии (ИнЭРТ–2014) : сб. трудов XI междунар. науч.-технич. конф. — Ростов-на-Дону, 2014. — С. 577–597.

3. Система автоматической стабилизации положения остова крутосклонного транспортного средства : патент А.С. 1675129 СССР : В 60 G 21/05 / В. Н. Негодов, А. А. Тумаков, В. А. Чернавский. — № 4660528 ; заявл. 09.03.89.; опубл. 07.09.91, Бюл. №33. — 5 с.

4. Система автоматической стабилизации положения остова крутосклонного транспортного средства : патент А.С. 1521616 СССР : В 60 G 19/10 / В. Н. Негодов, В. А. Чернавский, А. А. Тумаков, Е. А. Пимченко — №4383929 ; заявл. 25.02.88; опубл. 15.11.89, Бюл. №1. — 7 с.

5. Рыбак, А. Т. Моделирование и расчет гидромеханических систем на стадии проектирования / А. Т. Рыбак — Ростов-на-Дону : Издательский центр ДГТУ, 2006. — 167 с.