

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА ТРАКТОРОВ КИРОВЕЦ

В. А. Крючков¹, М. И. Дмитриев²

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

²АО «Петербургский тракторный завод», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. Предложен вариант метода моделирования кинематики механизма поворота трактора Кировец при помощи программной среды MatLab Simulink. Модель позволяет получить оптимальные параметры кинематических звеньев механизма поворота в зависимости от массово-габаритных характеристик трактора, параметров гидросистемы и состояния трансмиссии. Приведено сравнение с классической методикой. Показан состав модели, включающий три отдельных модуля. Продемонстрирован результат пробного расчета.

Ключевые слова: сельскохозяйственный трактор, трактор Кировец, математическая модель, механизм поворота, шарнирно-сочлененная рама.

MODELING THE KINEMATICS OF THE TURNING MECHANISM OF KIROVETC TRACTORS

V. A. Kryuchkov^a, M. I. Dmitriev^b

^aRussian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

^bJSC Peterburgsky Tractorny Zavod, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract. A variant of the method for modeling the kinematics of the turning mechanism of Kirovetc tractor using the MatLab Simulink software environment is proposed. The model makes it possible to obtain the optimal parameters of the kinematic links of the turning mechanism, depending on the mass-dimensional characteristics of the tractor, the parameters of the hydraulic system and the state of the transmission. A comparison with the classical method is given. The composition of the model is shown. It contains three separate modules. The result of a test calculation is demonstrated.

Keywords: agricultural tractor, Kirovetc tractor, mathematical model, turning mechanism, articulated frame.

Совершенствование механизма поворота является актуальной задачей с точки зрения улучшения основных эксплуатационных показателей. Для тракторов семейства Кировец характерны высокие нагрузки в шарнире механизма поворота и значительные усилия сопротивления повороту. Эти обстоятельства, отдельные конструктивные ограничения, а также необходимость учета большого числа колеблющихся внешних и внутренних факторов усложняют поиск наилучшего расположения звеньев кинематики механизма поворота.

В настоящее время кафедра тракторов и автомобилей РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева проводит совместные работы с АО «Петербургский тракторный завод» по различным направлениям, среди которых совершенствование кинематики механизма поворота тракторов Кировец и обоснование ее параметров.

Компоновка тракторов семейства Кировец осуществлена по схеме 4к4б с шарнирно-сочлененной рамой [1, 2]. Основной вертикальный шарнир, связывающий полурамы, обеспечивает их складывание в горизонтальной плоскости.

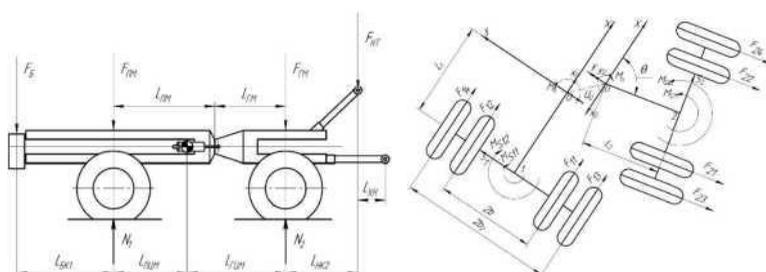
Назначение описываемого моделирования - определение оптимальных параметров кинематических звеньев механизма поворота в зависимости от массово-габаритных характеристик трактора, параметров гидросистемы поворота и состояния трансмиссии, составляющих не менее 16 переменных и вариативов.

Существует классическая для тракторов Кировец методика расчета параметров механизма поворота [2]. Однако она рассматривает только один вариант взаимного расположения звеньев кинематической схемы. Главным недостатком является необходимость построения ряда номограмм зависимости геометрических параметров от силовых для каждой комбинации переменных, что трудоемко. Кроме этого, анализ механизма показал, что его работа может быть описана 21 вариантом перемещения звеньев, что ранее не учитывалось.

Итоговая модель разрабатывалась в системе MatLab Sim- ulink. Ввиду особенностей среды MatLab [3] модель поделена на последовательно работающие модули, перемещение данных между которыми осуществляется вручную.

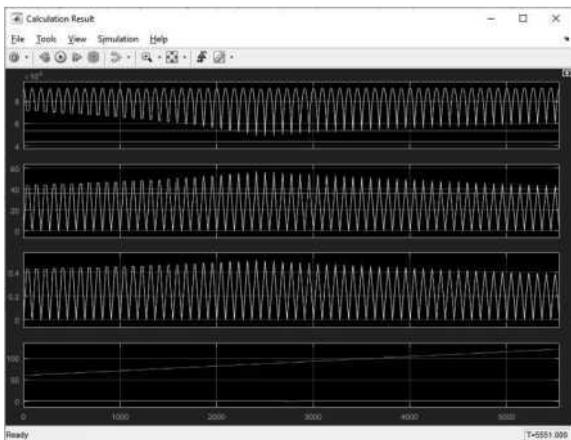
Первый модуль - генератор исходных данных - определяет величину момента сопротивления повороту в зависимости от угла

складывания трактора. За его основу были приняты расчетные зависимости классической методики, модифицированные с учетом особенностей используемых переменных и вариативов (рисунок 1).

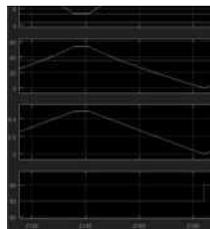


Выбор вариантов расчета осуществляется через специальный интерфейс, в котором вариативы выбираются переключателями, а переменные - ползунками (рисунок 2). Параметр состояния трансмиссии просчитывается одновременно по всем критериям, а интересующий выбирается по окончании расчета. Результатом является график момента сопротивления при складывании и выпрямлении.

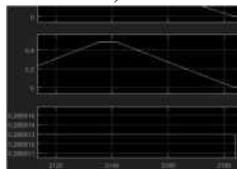
Второй модуль виртуально прорабатывает поворот машины раз за разом подставляя различные величины углов расстановки цилиндров и пересчитывая длину коромысла механизма поворота. Интерфейс допускает только ввод констант параметров гидросистемы, полученных моментов сопротивления из предыдущего модуля и желаемого угла складывания. Здесь в трех параллельно об-считываемых блоках учитываются различия в перемещениях основных звеньев, а также проводится проверка истинности процесса на основании длины коромысла и возможности складывания полурам. На рисунке 3 показан результат пробной работы модели по параметрам существующего трактора серии К-7М с принципом выбора угла между штоком и коромыслом u и длины коромысла R_i .



a)



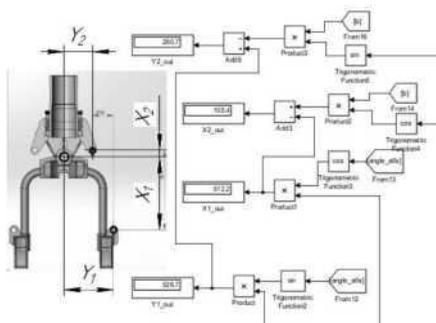
б)



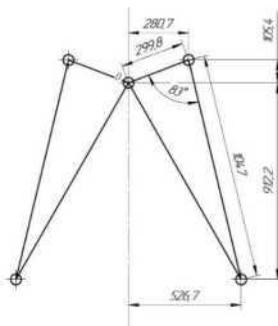
в)

Рисунок 3 - Результат расчета и его обработка:

a - графики поворачивающего момента, угла складывания, хода цилиндра, угла γ с длиной R_1 ; б - нахождение угла γ ; в - нахождение длины коромысла R_1



a)



б)

Рисунок 4 - Результат работы модели:

a - вывод в пространстве среды MatLab; б - воспроизведение по координатам

Результатами расчетов при помощи математической модели показано, что для серийно выпускаемого в настоящий момент трактора серии К-7М возможно увеличить угол складывания полурам с32 до 36 градусов и снизить при этом давление в гидросистеме поворота с21 до 18 МПа только за счет изменения расположения кинематических звеньев механизма поворота.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шарипов, В. М. Конструирование и расчет тракторов / В. М. Шарипов - М. : Машиностроение, 2009. - 752 с.
2. Теория и расчет трактора «Кировец» / Е. А. Шувалов [и др.], под общей редакцией А. В. Бойкова. - Л. : Машиностроение, 1980. - 208 с.
3. Borcosi, I. The simulation of cyclic codes using MATLAB Simulink simulation programming environment //1. Borcosi, D. L. Nebunu // 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2012: conference Proceedings, Albena, 17-23 June 2012. Sofia: STEF92 Technology Ltd., 2012. pp. 269-276.
4. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2020. - Т. 21, № 1. - С. 74-85. - DOI 10.30766/2072-9081.2020.21.1.74-85.
5. Дидманидзе, О. Н. Основы оптимального проектирования машинно-тракторных агрегатов / О. Н. Дидманидзе, Р. Н. Егоров. - М. : Учебно-методический центр «Триада», 2017. - 230 с.
6. Дидманидзе, О. Н. Теория и расчет сельскохозяйственного трактора / О. Н. Дидманидзе, В. А. Самсонов. - М.: Московский государственный аграрно-инженерный университетим. В.П. Горячкина, 1999. - 147 с.

Об авторах:

Крючков Виталий Алексеевич, ведущий научный сотрудник кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, kryuchkov.vitaliy@gmail.com.

Дмитриев Михаил Игоревич, начальник инженерного отдела - главный конструктор АО «Петербургский тракторный завод» (198097, Российская Федерация, Санкт-Петербург, пр. Стачек, 47), кандидат технических наук.

About the authors:

Vitaly A. Kryuchkov, Leading Scientist of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), kryuchkov.vitaliy@gmail.com.

Mikhail I. Dmitriev, Head of the Engineering Department - Chief Designer of JSC «Peterburgsky Tractomy Zavod» (198097, Russian Federation, St. Petersburg, Stachek Ave., 47), Cand.Sc. (Engineering).