

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЯГОВО-СЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

А.С. Павлюк, Ю.И. Шенкнехт

*Проведено исследование влияния конструктивных параметров тягово-сцепных устройств на устойчивость движения машинно-тракторного агрегата. Оценка устойчивости проводилась по уровню колебаний курсового угла тягача и прицепного орудия. Приведены результаты оценки влияния на устойчивость движения различных вариантов тягово-сцепных устройств.*

*Ключевые слова: устойчивость движения, маневрирование, машинно-тракторный агрегат, тягово-сцепное устройство, прицепная скоба, навеска, положения мгновенного центра поворота, курсовые углы, длина дышла, дисперсия колебаний, спектральная плотность.*

Развитие агропромышленного комплекса в условиях современного рынка во многом зависит от технического обеспечения машинно-тракторного парка хозяйства. Широкое применение в механизации сельскохозяйственных работ находят колесные мобильные машины высокой энергонасыщенности, работающие в составе комплексных машинно-тракторных агрегатов.

Наличие шарнирных связей между трактором и агрегируемым орудием, необходимых для обеспечения маневренности, ограничивает эффективность применения машинно-тракторных агрегатов. Данное обстоятельство вызвано, прежде всего, ухудшением показателей устойчивости машинно-тракторного агрегата в горизонтальной плоскости. Это ведет к увеличению тягового сопротивления, возрастанию проходимого пути, повышению психофизической нагрузки на водителя, ухудшению качества выполнения сельскохозяйственных работ.

Вышесказанное обусловило цель работы, которая заключается в определении возможности повышения устойчивости движения машинно-тракторного агрегата за счет использования рациональных конструкций тягово-сцепных устройств.

Объектами сравнительного исследования являлись четыре варианта навесного устройства трактора К 700А [1] с различными конструкциями прицепных скоб, устанавливаемых в шарниры нижних продольных тяг и образующих тягово-сцепное устройство (ТСУ) трактора.

Вариант №1 представляет собой ТСУ со штатным навесным устройством, оснащенным прицепной скобой, изображенной на рисунке 1, и состоящей из: скобы 5, вилки 4,

пальцев 1 и 2, чеки с пружинным кольцом 3 [1].

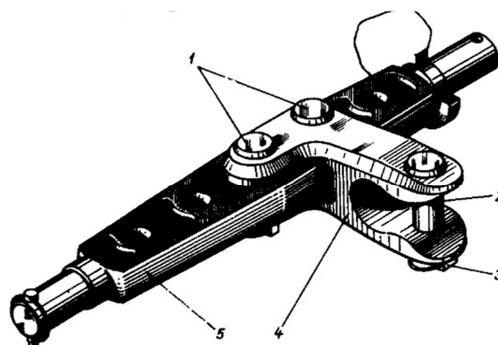


Рисунок 1 - Прицепная скоба ТСУ № 1

Для предотвращения раскачивания механизма навески при движении трактора с агрегируемым орудием, шарнирно присоединяемым к прицепной скобе при помощи вилки 4 и пальца 2, нижние продольные тяги блокируются с задней полурамой трактора горизонтальными раскосами.

Варианты №2 - №4 представляют собой ТСУ выполненные по патенту АлтГТУ [2]. ТСУ изображено на рисунке 2 и состоит из нижних продольных тяг 1, соединенных при помощи шарниров 2 с головками 3, установленными на нижней оси 4, закрепленной на кронштейнах 5, связанных с рамой трактора. Нижние продольные тяги 1 через свои задние шаровые шарниры 6 соединены с цапфами прицепной скобы 7. В средней части прицепной скобы 7 при помощи болтов 9 жестко закреплено соединительное устройство 8, связанное с дышлом прицепного агрегируемого орудия.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЯГОВО-СЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

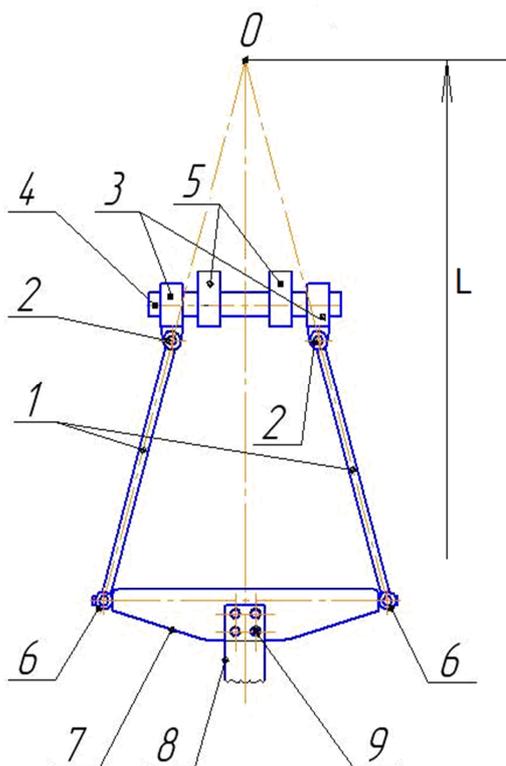


Рисунок 2 - Экспериментальное тягово-сцепное устройство

При использовании экспериментальных ТСУ вариантов №2 - 4 с механизма навески были сняты горизонтальные раскосы, а нижние продольные тяги установлены с возможностью поворота на необходимый угол.

Важной характеристикой ТСУ является расстояние  $L$  от центра масс прицепного сельскохозяйственного агрегата до его центра поворота  $O$  относительно трактора (рис.2).

В варианте №1 со штатным ТСУ центр поворота прицепного сельскохозяйственного агрегата  $O$  находится непосредственно в точке присоединения дышла прицепного агрегируемого орудия к вилке 2 (рисунок 1).

В вариантах №2 - 4 положение центра поворота прицепного сельскохозяйственного агрегата  $O$  смещено вперед и зависит от используемой прицепной скобы и от угла складывания агрегата в процессе движения [3]. При небольших углах складывания агрегата, характерных для рабочего движения машинно-тракторного агрегата, положение центра поворота  $O$  агрегируемого орудия относительно трактора меняется незначительно.

Варианты ТСУ №2 - №4 отличаются между собой прицепными скобами с различной длиной оси подвеса (см. таблицу 1.).

Таблица 1- Исходная информация об опытных вариантах ТСУ

Номер варианта	Длина оси подвеса прицепной скобы, мм	Расстояние $L$ до мгновенного центра поворота прицепного агрегата с учетом длины сцепки СЗР-02000, мм
№1	1200	5955
№2	850	$\infty$
№3	1000	14614
№4	1200	10700

В качестве прицепного агрегата при испытаниях использовался широкозахватный многосеялочный шеренговый агрегат, состоящий из трех соединенных между собой с помощью сцепки СЗР-02000 сеялок-культиваторов СЗС-2,1, применяемый для посева и культивации с одновременным подрезанием стерни, сорняков и прикатыванием почвы [4].

Исследования проводились при сплошной культивации паров на полях ЧП «Фермер» в с. Волчно-Бурлинское, Крутихинского района, Алтайского края.

Тип почвы – черноземы обыкновенные и выщелоченные малогумусные средне- и легкосуглинистые [5].

Испытания проводились при температуре воздуха  $+18 - +20^{\circ}\text{C}$ . Сила ветра не превышала 2 м/с. Влажность почвы замерялась

лабораторией Литвинова и составляла в слое 5-10 см 16-18%, твердость почвы замерялась при помощи плотномера ППИ конструкции ВИСХОМ и в том же слое составляла 0,06 МПа.

В качестве основной измерительной аппаратуры для оценки устойчивости машинно-тракторного агрегата был использован комплект измерительно-регистрирующей аппаратуры, разработанный на кафедре «Автомобили и автомобильное хозяйство» АлтГТУ, состоящий из авиационных гироскопических приборов Г-3М, датчика «пятое колесо» и пульта управления.

В качестве регистрирующего прибора использовался персональный компьютер с установленной в нем системой сбора данных (платой АЦП L - 780M - D) и программным

комплексом LGraph1, производства ООО "Л Кард".

В число регистрируемых параметров при экспериментальных исследованиях входили: курсовые углы тягача и почвообрабатывающего агрегата; путь, проходимый машинно-тракторным агрегатом; время движения.

Гироскопические приборы Г-3М были установлены в центральной части задней секции трактора и в центре рамы средней сеялки шеренгового агрегата. Датчик «пятое колесо» устанавливался на агрегатируемое орудие. Рабочие органы сеялки-культиватора были отрегулированы на заглубление 8 -10 см.

В процессе культивации велась запись регистрируемых параметров. Запись параметров осуществлялась при установившемся движении машинно-тракторного агрегата на скорости 7-9 км/ч в течение одной минуты, по пять заездов на каждом режиме.

В качестве основных оценочных показателей для характеристики уровня колебаний звеньев машинно-тракторного агрегата в горизонтальной плоскости были взяты:

дисперсии колебаний курсового угла звена, определяемые по формуле [6]:

$$D = \frac{\sum_{j=1}^n x_j^2 - \frac{\left(\sum_{j=1}^n x_j\right)^2}{n}}{n-1},$$

где D – дисперсия величины колебаний курсового угла звена,

$x_j$  – j-е значение курсового угла,

n – количество измерений курсового угла за один заезд;

спектральные плотности мощности колебаний курсовых углов тягача и агрегатируемого орудия, полученные при одномерном преобразовании Фурье, и являющиеся дисперсиями колебаний курсового угла звена на определенной частоте;

усредненные значения отдельных реализаций мощности колебаний курсового угла звена, определяемых по формуле [7]:

$$P_{cp} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j^2 \right)_i$$

где  $P_{cp}$  – усредненные значения отдельных реализаций мощности колебаний курсового угла звена,

$x_j$  – j-е значение курсового угла звена,

n – количество измерений курсового угла в одной реализации,

m – количество (реализаций) заездов в испытании варианта ТСУ.

В качестве критерия устойчивости были использованы относительные коэффициенты устойчивости по дисперсии и по мощности колебаний курсового угла звена. Относительный коэффициент устойчивости по дисперсии определялся как отношение дисперсии курсового угла агрегатируемого орудия к дисперсии курсового угла трактора. Относительный коэффициент устойчивости по мощности колебаний определялся как отношение усредненного значения отдельных реализаций мощности колебаний курсового угла агрегатируемого орудия к усредненному значению отдельных реализаций мощности колебаний курсового угла трактора.

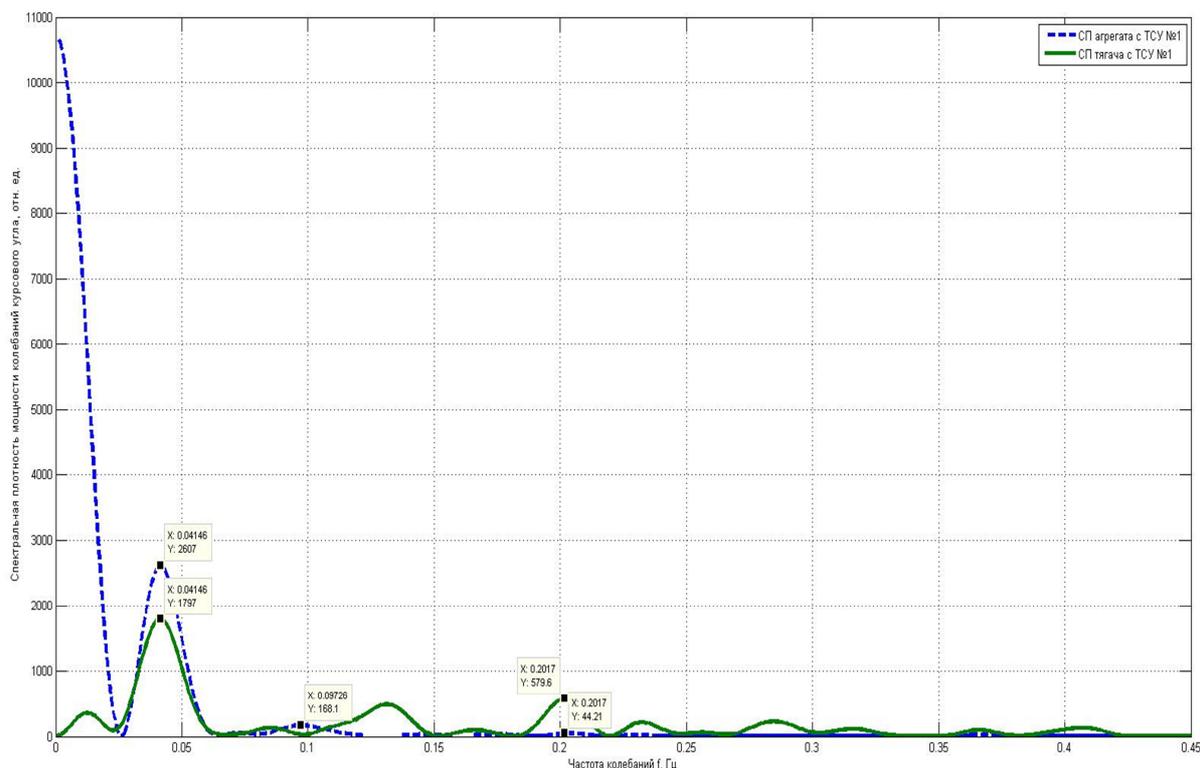
Так как на курсовое движение мобильной машины влияет только низкочастотная составляющая, а высокочастотные составляющие гасятся ее инерцией, то, согласно [6], был выполнен предварительный анализ графиков спектральных плотностей в диапазоне частот от 0 до 20 Гц.

В результате анализа был уточнен диапазон частот для испытуемого машинно-тракторного агрегата, который находится в диапазоне частот от 0 до 0,45 Гц. На рисунках 3 - 6 приведены графики спектральных плотностей колебаний курсовых углов трактора и прицепного агрегата в указанном диапазоне частот для разных вариантов ТСУ.

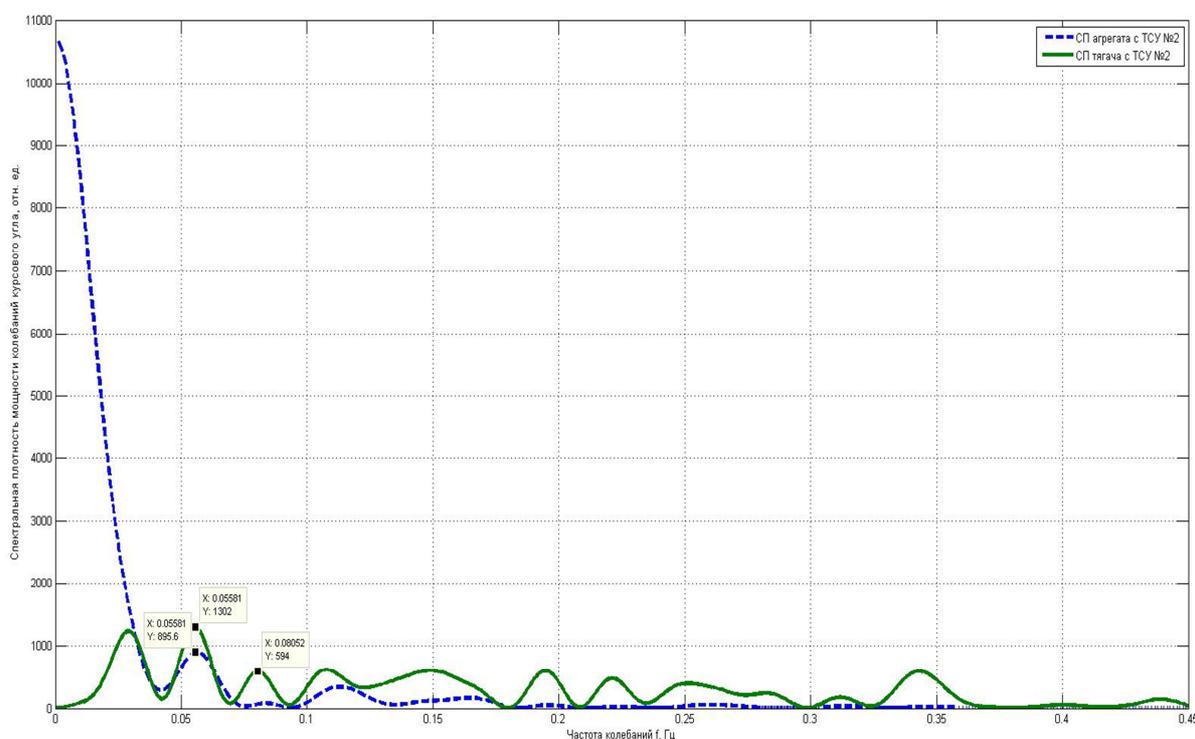
Как видно из графиков, для всех вариантов ТСУ спектральные плотности колебаний курсового угла агрегатируемого орудия находятся примерно в одном уровне, в области низкочастотных составляющих колебаний с частотой до 0,025 Гц, вызванных в основном внешними возмущениями однородных факторов (влияние микропрофиля поверхности поля, боковой увод шин, сопротивление на рабочих органах и т.д.).

В области частот 0,025 – 0,2 Гц с выраженным воздействием колебаний трактора на колебания прицепного агрегатируемого орудия (это видно по пикам спектральной плотности курсовых углов звена на одинаковых частотах) наблюдаются заметные отличия. При использовании ТСУ вариант №1 спектральная плотность колебаний курсового угла агрегатируемого орудия находится выше спектральной плотности колебаний курсового угла трактора. При использовании ТСУ вариантов №2 - №4 спектральные плотности колебания курсового угла агрегатируемого орудия находятся ниже спектральной плотности колебаний курсового угла трактора.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЯГОВО-СЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА



*Рисунок 3 - График спектральной плотности колебаний курсовых углов машинно-тракторного агрегата с ТСУ №1: тягача - сплошная линия; агрегируемого орудия - штриховая линия*



*Рисунок 4 - График спектральной плотности колебаний курсовых углов машинно-тракторного агрегата с ТСУ №2: тягача - сплошная линия; агрегируемого орудия - штриховая линия*

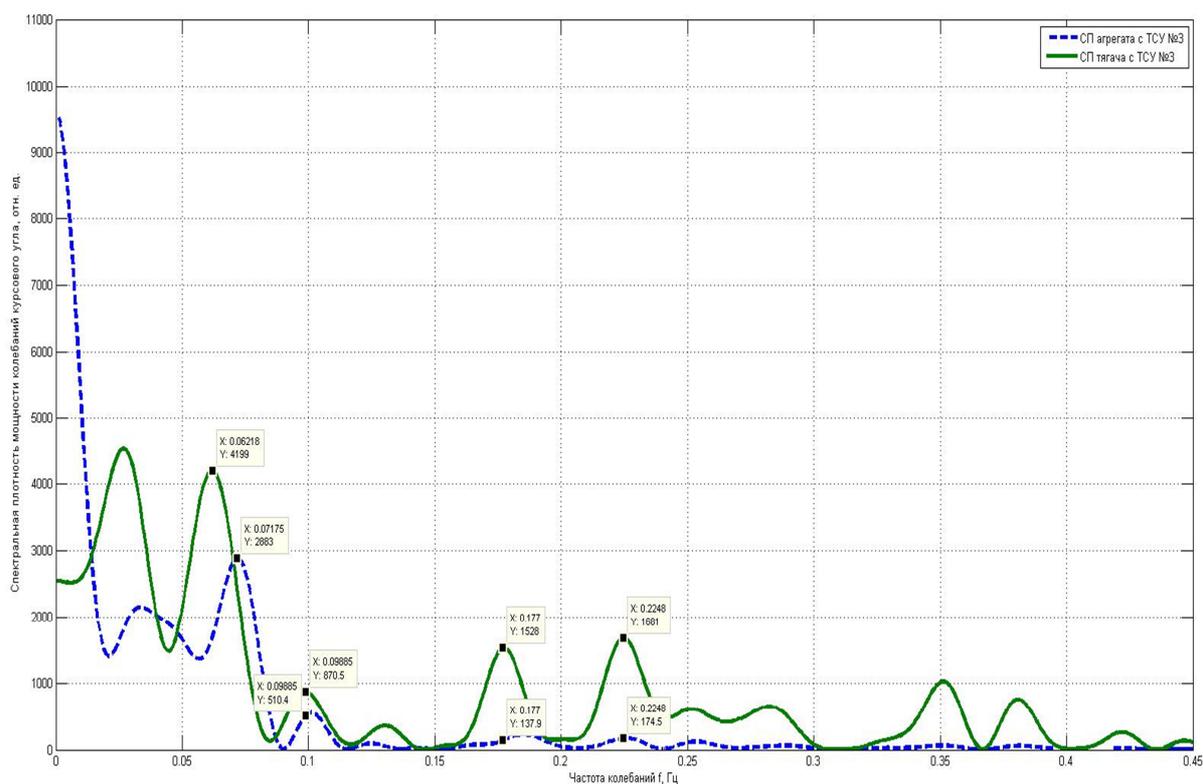


Рисунок 5 - График спектральной плотности колебаний курсовых углов машинно-тракторного агрегата с ТСУ №3: трагача - сплошная линия; агрегатируемого орудия - штриховая линия

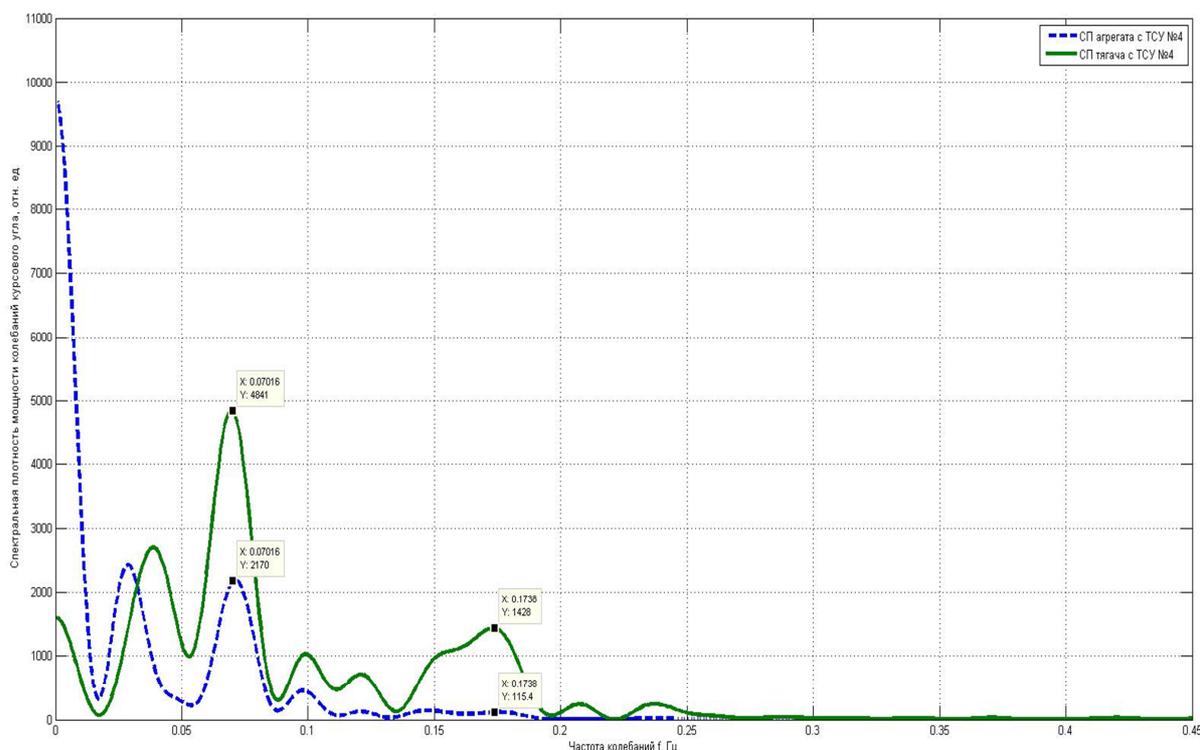


Рисунок 6 - График спектральной плотности колебаний курсовых углов машинно-тракторного агрегата с ТСУ №4: трагача - сплошная линия; агрегатируемого орудия - штриховая линия.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЯГОВО-СЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

Следовательно, при использовании ТСУ вариантов №2 - №4 наблюдается более устойчивое движение агрегируемого орудия, чем при использовании ТСУ варианта №1.

Данное следствие подтверждается и анализом данных таблицы 2.

*Таблица 2 - Оценочные показатели колебаний курсовых углов трактора и агрегируемого орудия.*

№ варианта	Дт.	Дар.	Рср. т.	Рср. аг.	Куст.Д	Куст.Рср
№1	1,2633	1,3387	2,0618	3,1003	1,0597	1,5037
№2	2,0765	1,8888	8,6332	4,9276	0,9096	0,5708
№3	5,5420	2,3935	6,7304	3,7179	0,4319	0,5524
№4	3,6401	1,2218	4,0477	1,5438	0,3357	0,3814

На основе проведенных исследований установлено, что применение ТСУ с меняющимся расстоянием L от положения центра масс прицепного агрегата до его центра поворота повышает устойчивость движения прицепного агрегата в сравнении с использованием штатного ТСУ. Установлено влияние на устойчивость движения агрегируемого орудия положения его центра вращения, определяемого длиной оси подвеса прицепной скобы. Повышение устойчивости движения прицепного агрегата за счет снижения уровня колебаний позволит повысить качество и производительность выполняемых работ, а также снизить удельный расход топлива машинно-тракторным агрегатом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Тракторы Кировец К-701 и К-700А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. - М.: В/О «Тракторэкспорт», 1986. – 232 с.

2 Сцепное устройство тягача: пат. 2503552 Рос. Федерации: МПК8 В60D 1/00, В60D 1/14, В62D 13/00, В62D 53/00/ Павлюк А.С., Шенкнехт Ю.И.; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ). - № 2012123263/11; заявл. 05.06.2012; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1. - 7 с.

Оценивая значения относительных коэффициентов устойчивости для вариантов ТСУ, можно сделать вывод о том, что наилучший эффект получен при использовании ТСУ №4.

3 Павлюк А.С., Шенкнехт Ю.И. Кинематика навесного устройства машинно-тракторного агрегата, образующего шарнирный четырехзвенник// Ползуновский вестник. - 2012. - № 1/3. - С. 204 - 206.

4 Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (мтс). — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. — 190 с.

5 Основы агролесомелиорации: учебное пособие / Е.Г. Парамонов, А.П. Симоненко. - Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. - 224 с.

6 Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель/ под ред. А.А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.

7 Прикладной анализ случайных процессов/ под ред. Прохорова С.А. - Самара: СНЦ РАН, 2007. - 582 с.

**Павлюк А.С.** - заведующий кафедрой АиАХ, д.т.н., профессор, АлтГТУ им. И.И. Ползунова,

тел.: 8 (3852) 29-07-91,

E-mail: kafedra.aiah@gmail.com

**Шенкнехт Ю. И.**, старший преподаватель кафедры АиАХ, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.:

8 (3852)29-08-90,

E-mail: schenk2003@mail.ru