

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

**Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

Кафедра тракторов и автомобилей

А. А. Рудашко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА И ПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛОВ УСТОЙЧИВОСТИ

*Методические указания и задания к лабораторной работе
для студентов, обучающихся по специальностям 1-74 06 01
Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного
производства, 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных
и водохозяйственных работ*

**Горки
БГСХА
2017**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра тракторов и автомобилей

А. А. Рудашко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА И ПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛОВ УСТОЙЧИВОСТИ

*Методические указания и задания к лабораторной работе
для студентов, обучающихся по специальностям 1-74 06 01
Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного
производства, 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных и
водохозяйственных работ*

Горки
БГСХА
2017

УДК 631.37(076)

*Рекомендовано методической комиссией
факультета механизации сельского хозяйства.
Протокол № 6 от 22 февраля 2017 г.*

Автор:
кандидат технических наук, доцент *А. А. Рудашко*

Рецензент:
кандидат технических наук, доцент *Г. А. Валюженич*

Экспериментальное определение координат центра тяжести колесного трактора и предельных углов устойчивости : методические указания и задания к лабораторной работе / *А. А. Рудашко*. – Горки : БГСХА, 2017. – 16 с.

Изложена методика определения координат центра тяжести и расчета предельных статических углов устойчивости колесного трактора, приборы и оборудование, применяемое при испытаниях.

Для студентов, обучающихся по специальностям 1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства, 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

© УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2017

Цель работы: овладение навыками и методикой экспериментального определения координат центра тяжести колесного трактора и расчета предельных углов устойчивости.

Задачи работы:

1. Ознакомиться с приборами и методикой экспериментального определения координат центра тяжести колесного трактора.

2. Определить нагрузку на каждое из передних и задних колес трактора и произвести замеры геометрических параметров трактора в горизонтальном и наклонном положении.

3. В результате эксперимента определить координаты центра тяжести колесного трактора.

4. По результатам лабораторных испытаний рассчитать предельные углы продольной и поперечной устойчивости.

Оборудование, приборы, инструменты: трактор Беларус-320 или Т-25А; электровесы ЭВ-60; трапы для установки трактора и нагрузочных платформ электровесов; кран-балка для наклона трактора; подставка, отвес.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Положение центра тяжести оказывает существенное влияние на динамические качества тракторов и автомобилей. С расположением центра тяжести связаны продольная и поперечная устойчивость, тягово-сцепные свойства и управляемость колесных и гусеничных машин. Поэтому при проектировании трактора положение центра тяжести нужно выбирать исходя из назначения трактора и силового воздействия, оказываемого на трактор основными машинами, для работы с которыми он предназначен.

У сельскохозяйственных тракторов, для которых наиболее характерна работа с прицепными и задненавесными машинами, центр тяжести размещают в зависимости от конструкции ходовой части. Для тракторов с передними и задними колесами разного размера (передние колеса меньше задних) центр тяжести размещают ближе к задней оси трактора с целью улучшения тягово-сцепных свойств. С той же целью у тракторов с одинаковыми колесами центр тяжести смещают ближе к передней оси, поскольку при силовом взаимодействии трактора с задненавесной машиной происходит перераспределение веса с увеличением нагрузки на заднюю ось. Аналогично располагают центр тяжести у гусеничных тракторов сельскохозяйственного назначения. У гусе-

ничных тракторов промышленного назначения с передней навеской рабочего оборудования и машин для выполнения землеройных и других работ центр тяжести стремятся сместить назад относительно середины опорной поверхности гусениц.

Центр тяжести трактора можно определить аналитическим способом, зная взаимное расположение основных узлов и агрегатов. Однако данный способ громоздок и дает только ориентировочные результаты, поэтому применяют его главным образом для предварительных расчетов в процессе проектирования машин. Наиболее просто и достоверно положение центра тяжести может быть определено опытным путем.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

2.1. Лабораторная установка

Для определения координат центра тяжести колесного трактора используется лабораторная установка, оборудованная электровесами ЭВ-60 и кран-балкой грузоподъемностью 500 кг. Совместно с электровесами используются два трапа *б*, по которым перемещают испытуемый трактор *4* (рис. 1). В каждый трап установлено по две нагрузочные платформы *3* для взвешивания одновременно передних и задних колес трактора (на рис. 1 показана только задняя платформа). Все четыре силовых блока, размещенные в нагрузочных платформах, соединяются кабелями *2* с измерительным блоком *1*. Переключатель каналов SA3 обеспечивает поочередную коммутацию миллиамперметра измерительного блока с каждым из четырех силовых блоков. Для фиксации трактора в наклонном положении предназначена подставка *5*.

Электровесы ЭВ-60 укомплектованы измерительным блоком и нагрузочными платформами с силовыми блоками. Силовой блок, расположенный внутри нагрузочной платформы, состоит из двух тензобалок равного сопротивления *2*, смонтированных на основании *4* (рис. 2, *а*). Сверху на тензобалки установлена площадка *1*. Нагрузку, передаваемая колесом трактора на площадку, воспринимается через шарики *3* тензобалками с наклеенными на них сверху и снизу проволоочными тензорезисторами R_B и R_H соответственно. Для предотвращения скатывания колеса с площадки к ней спереди и сзади приварено два уголкового упора (рис. 1).

Тензорезисторы R_B и R_H каждого силового блока собраны в четыре параллельно включенных электрических моста (рис 2, *б*), соединенных

с измерительным блоком посредством кабеля через контакты разъема X1...X5. Кроме тензорезисторов внутри силового блока установлен калибровочный резистор R_K , подбираемый при производстве и заводской настройке электровесов индивидуально для каждой нагрузочной платформы.

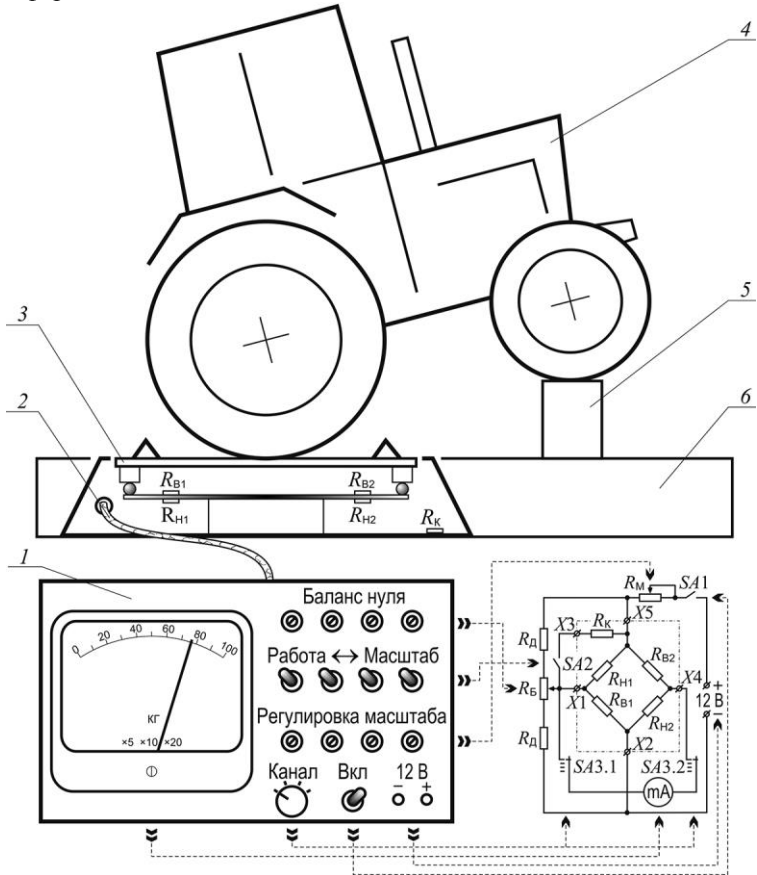


Рис. 1. Схема установки для определения координат центра тяжести: 1 – измерительный блок; 2 – кабель силового блока; 3 – нагрузочная платформа с силовым блоком; 4 – трактор; 5 – подставка; 6 – трап; R_B , R_H – тензорезисторы; R_B – резистор баланса нуля; R_M – резистор регулировки масштаба; R_K – калибровочный резистор; R_D – добавочные резисторы; X1...X5 – контакты разъема силового блока; SA1 – выключатель питания; SA2 – переключатель работа/масштаб; SA3 – переключатель каналов

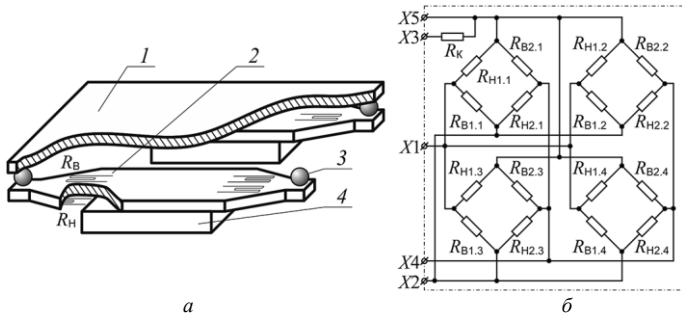


Рис. 2. Функциональная (а) и электрическая (б) схемы силового блока:
 1 – площадка; 2 – тензобалка; 3 – шарик; 4 – основание; R_B – верхние тензорезисторы, R_H – нижние тензорезисторы; R_K – калибровочное сопротивление; $X1 \dots X5$ – контакты разъема силового блока

В зависимости от нагрузки к измерительному блоку одновременно может быть подключено до четырех нагрузочных платформы грузоподъемностью 500, 1000 или 2000 кг. В лабораторной работе используются только платформы грузоподъемностью 500 и 1000 кг, поскольку нагрузка на одно колесо трактора не превышает 800 кг.

Измерительный блок вмонтирован в небольшой переносной ящик с крышкой. На приборной доске измерительного блока размещены (см. рис. 1): миллиамперметр со шкалой, отградуированной в килограммах («0...100» с множителями « $\times 5$ », « $\times 10$ » и « $\times 20$ »); клеммы для подключения источника постоянного тока напряжением 12 В; выключатель питания весов; переключатель каналов силовых блоков «1»...«4»; винты регулировки масштаба измерений и баланса нуля; переключатели каналов в положение «Работа» и «Масштаб»; разъемы для подключения силовых блоков.

2.2. Настройка и использование в работе электровесов ЭВ-60

Подготовка электровесов к работе производится следующим образом.

1. Измерительный блок 1 (см. рис. 1) соединяется кабелями 2 с силовыми блоками 3 и источником постоянного тока напряжением 12 В. Трактор 4 устанавливается на трапах 6 таким образом, чтобы его колеса не стояли на платформах 3.

2. При отключенном питании проверяется положение стрелки миллиамперметра и при необходимости устанавливается на нулевое деление шкалы соответствующим подстроечным винтом, расположенным на корпусе миллиамперметра.

3. Выключатель питания электровесов SA1 устанавливается в положение «Вкл».

4. С помощью переключателя каналов SA3 включается настраиваемый в данный момент канал (силовой блок совместно с измерительным) «1», «2», «3» или «4». В таком состоянии электровесы прогреваются в течение 1...2 мин.

5. Переключатель SA2 «Работа↔Масштаб» соответствующего канала устанавливается в положение «Работа». Регулировочным винтом R_B «Баланс нуля» этого канала стрелка миллиамперметра устанавливается на нуль.

6. Переключатель «Работа↔Масштаб» переводится в положение «Масштаб» и стрелка миллиамперметра винтом R_M «Регулировка масштаба» того же канала устанавливается на последнее деление шкалы («100»).

Последние два пункта выполняют с целью балансировки нуля и регулировки масштаба измерений. Для большей точности регулировки пункты 5 и 6 последовательно повторяют до тех пор, пока стрелка миллиамперметра не будет точно устанавливаться на первое или последнее деление шкалы при переводе переключателя «Работа↔Масштаб» из положения «Масштаб» в положение «Работа» и обратно. Как правило, бывает достаточно 2...3 повтора регулировок поочередно винтами «Баланс нуля» и «Регулировка масштаба».

При настройке остальных каналов необходимо повторить последовательно пункты 4...6.

После регулировки электровесов взвешиваемый трактор по трапам перекачивают таким образом, чтобы колеса опирались на нагрузочные платформы. Переключатель «Работа↔Масштаб» канала, с помощью которого производится взвешивание, устанавливается в положение «Работа» и составляющая веса трактора фиксируется по шкале миллиамперметра. Если колесо стоит на платформе грузоподъемностью 500 кг, зафиксированное значение умножается на 5. Например, если зафиксировано деление 42, то после умножения на 5 получают 210, что означает нагрузку на платформу 210 кг. При использовании платформ грузоподъемностью 1000 или 2000 кг показания миллиамперметра умножаются соответственно на 10 или 20.

2.3. Определение продольной координаты центра тяжести

Определение координат центра тяжести колесного трактора при выполнении лабораторной работы включает три этапа: нахождение продольной, поперечной и вертикальной координаты.

Для определения продольной координаты центра тяжести трактор передними и задними колесами устанавливают после настройки весов на нагрузочные платформы и, поочередно переключая каналы «1»...«4», взвешивают каждое колесо в отдельности. По показаниям миллиамперметра определяют нагрузку $Y_{пл}$ и $Y_{пп}$, приходящуюся на левое и правое передние колеса и $Y_{кл}$ и $Y_{кп}$ – на задние (рис. 3).

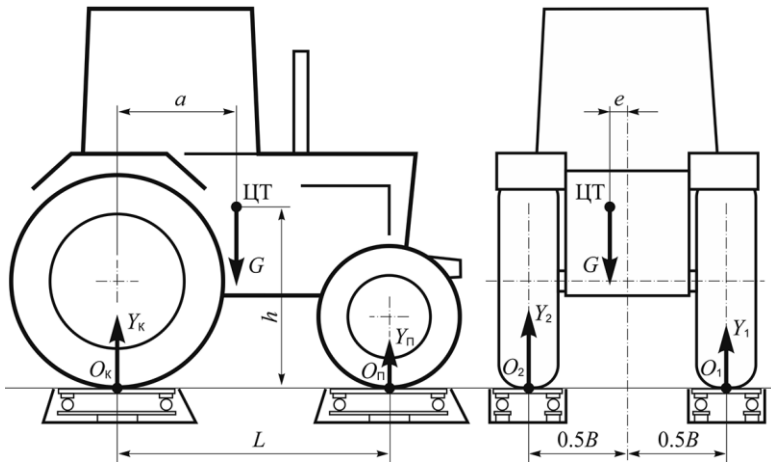


Рис. 3. Схема к определению продольной и поперечной координат центра тяжести

По сумме нагрузок на все колеса определяют общий вес трактора

$$G = Y_{пл} + Y_{пп} + Y_{кл} + Y_{кп}.$$

На основании значения веса трактора G и нагрузки, приходящейся на передние колеса

$$Y_{п} = Y_{пл} + Y_{пп},$$

определяют продольную координату центра тяжести a исходя из суммы моментов, полученной относительно точки O_k :

$$G a - Y_{п} L = 0,$$

где L – продольная база трактора.

Отсюда

$$a = L \frac{Y_{\text{п}}}{G}.$$

Значение L замеряется на тракторе с помощью рулетки при выровненных передних колесах. Если передние и задние колеса имеют разный размер, то замерять продольную базу как расстояние от оси передних до оси задних колес не допускается. Вместо этого следует, пользуясь отвесом, измерить расстояние между проекциями центров колес на горизонтальную поверхность трапа.

2.4. Определение поперечной координаты центра тяжести

Поперечная координата центра тяжести определится аналогично продольной на основании результатов взвешивания передних и задних колес. Имея эти данные, составляем уравнение моментов относительно точки O_1 (см. рис. 3) от действия сил Y_2 и G , где Y_2 – нагрузка на левую сторону трактора:

$$Y_2 = Y_{\text{пл}} + Y_{\text{кл}}.$$

В результате получаем равенство

$$Y_2 B = G (0,5 B + e),$$

где e – поперечная координата центра тяжести;

B – ширина колеи.

Отсюда

$$e = B \frac{Y_2 - 0,5 G}{G}.$$

Если значение координаты e при подсчете по данной формуле получается положительной, то центр тяжести смещен от продольной плоскости симметрии влево (как показано на схеме). Отрицательное значение координаты означает, что центр тяжести смещен в противоположную показанной на рис. 3 сторону, т. е. вправо.

2.5. Определение вертикальной координаты центра тяжести

Для определения вертикальной координаты центра тяжести испытуемый трактор необходимо наклонить назад, поскольку при наклоне центр тяжести смещается назад, что приводит к изменению показаний весов в сравнении с горизонтальным положением трактора. Чем выше находится центр тяжести, тем больше при наклоне трактора перераспределяется нагрузка между передними и задними колесами. Таким

где $Y_{\text{лн}}$ и $Y_{\text{пн}}$ – соответственно нагрузка на левое и правое задние колеса трактора при наклоне.

При наклонном положении трактора нагрузка на передние колеса будет меньшей и составит

$$Y_{\text{пн}} = G - Y_{\text{кн}}.$$

Составив уравнение моментов относительно точки $O_{\text{к}}$ – проекции центра задних колес на их опорную поверхность, получаем

$$Y_{\text{пн}} L_{\text{н}} - G a_{\text{н}} = 0,$$

откуда

$$a_{\text{н}} = L_{\text{н}} \frac{Y_{\text{пн}}}{G} = L_{\text{н}} \frac{G - Y_{\text{кн}}}{G},$$

где $a_{\text{н}}$ – продольное расстояние от вектора силы тяжести G до центра задних колес;

$L_{\text{н}}$ – проекция продольной базы трактора на горизонтальную ось.

Значение $L_{\text{н}}$ можно получить путем замера на лабораторной установке с помощью рулетки и отвеса, позволяющего повысить точность измерений (аналогично замеру продольной базы L).

Также $L_{\text{н}}$ можно вычислить, пользуясь следующей зависимостью, получаемой из геометрических соотношений:

$$L^2 + \Delta r^2 = L_{\text{н}}^2 + (H - \Delta r)^2,$$

откуда

$$L_{\text{н}} = \sqrt{L^2 + 2 H \Delta r - H^2},$$

где Δr – разность радиусов задних и передних колес.

После определения проекции продольной координаты центра тяжести при наклоне $a_{\text{н}}$ на основании геометрических соотношений (см. рис. 4) определяется вертикальная координата h по формуле

$$h = r_{\text{к}} + \left(a - \frac{a_{\text{н}}}{\cos \alpha} \right) \operatorname{ctg} \alpha,$$

где $r_{\text{к}}$ – радиус задних колес;

α – угол наклона трактора.

С достаточным приближением можно считать, что

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{H}{L_{\text{н}}}.$$

2.6. Определение предельных статических углов устойчивости

После определения координат центра тяжести необходимо определить предельные статические углы продольной и поперечной устойчивости трактора.

1. Предельный статический угол продольной устойчивости на подъеме для заторможенного трактора определится из выражения

$$\operatorname{tg}\alpha_{\text{lim}} = \frac{a}{h}.$$

2. Предельный статический угол продольной устойчивости на спуске определится по зависимости

$$\operatorname{tg}\alpha_{\text{lim}} = \frac{L - a}{h}.$$

У колесных тракторов универсального назначения $\alpha_{\text{lim}} = 35 \dots 40^\circ$; $\alpha'_{\text{lim}} = 60^\circ$ и больше. Примерно в этих же пределах находятся рассматриваемые углы у грузовых автомобилей, когда они работают с установленной для них грузоподъемностью и груз распределен равномерно по платформе. У легковых автомобилей и грузовых при отсутствии груза на платформе центр тяжести находится примерно посередине продольной базы, поэтому у них значения предельных статических углов подъема и уклона почти одинаковы; в большинстве случаев они не менее 60° .

3. Представив трактор на поперечном уклоне, на основании рис. 3, составим уравнение моментов относительно возможной точки опрокидывания O_2 .

$$h G \sin\beta_{\text{lim}} - (0,5B - e) \cos\beta_{\text{lim}} = 0,$$

откуда предельный статический угол поперечной устойчивости трактора при наклоне в левую сторону можно определить из выражения

$$\operatorname{tg}\beta_{\text{lim}} = \frac{0,5B - e}{h}.$$

4. При условии рассмотрения поперечной устойчивости относительно правой стороны, т. е. точки O_1 , предельный угол выразится

$$\operatorname{tg}\beta'_{\text{lim}} = \frac{0,5B + e}{h}.$$

Если колесные тракторы имеют регулируемую ширину колеи, то с изменением ширины колеи меняются значения предельных статических углов поперечной устойчивости. Величина этих углов при установке колес на основной размер колеи находится у четырехколесных тракторов в пределах $40 \dots 60^\circ$, у трехколесного – $30 \dots 35^\circ$. У легковых автомобилей вертикальная координата центра тяжести $h < 0,5 B$, соответственно у них $\beta_{\text{lim}} > 45^\circ$. У грузовых автомобилей при полной нагрузке, равномерно распределенной по платформе, $h \approx 0,75 B$, чему соответствуют значения $\beta_{\text{lim}} \approx 35^\circ$.

Продольная устойчивость при стоянке на подъемах и спусках может быть нарушена не только в результате опрокидывания трактора, но и в результате ее сползания, когда максимальная тормозная сила, которая может быть создана в данных условиях, недостаточна для удержания трактора на наклонной поверхности. При рассмотрении продольной устойчивости следует учитывать сползание, связанное со сцеплением движителей с почвой в поперечном направлении.

Поперечная устойчивость по сползанию выразится равенством

$$\operatorname{tg} \beta_{\phi} = \phi,$$

где ϕ – коэффициент сцепления движителей с почвой в поперечном направлении.

Величина коэффициента ϕ зависит от физико-механических свойств почвы и конструкции движителей. Практически опрокидывание без бокового скольжения бывает очень редко.

2.7. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с лабораторной установкой и методикой испытаний.
2. Установить трактор на трапы таким образом, чтобы колеса не стояли на нагрузочных платформах.
3. Включить и настроить электровесы.
4. Закатить трактор на нагрузочные платформы.
5. Определить нагрузку на передние и задние колеса трактора.
6. Произвести необходимые замеры геометрических параметров трактора в горизонтальном положении.
7. Наклонить трактор с помощью кран-балки и установить переднюю часть трактора на подставку.
8. Определить нагрузку на задние колеса трактора и произвести необходимые замеры параметров трактора при наклоне.
9. Выключить весы, снять трактор с подставки, поставить его на трапы и скатить с нагрузочных платформ.
10. Определить координаты центра тяжести трактора.
11. Рассчитать предельные углы продольной и поперечной устойчивости.
12. Результаты измерений и расчетов занести в таблицу.

Результаты измерений и расчетов

№	Параметр		Значение
1	Нагрузка на передние колеса трактора:	левое $Y_{пл}$, кг	
		правое $Y_{пн}$, кг	
2	Нагрузка на задние колеса трактора:	левое $Y_{кл}$, кг	
		правое $Y_{кп}$, кг	
3	Нагрузка на переднюю ось трактора $Y_{п}$, кг		
4	Нагрузка на заднюю ось трактора $Y_{к}$, кг		
5	Общий вес трактора G , кг		
6	Продольная база трактора L , м		
7	Ширина колеи B , м		
8	Координаты центра тяжести трактора:	продольная a , м	
		поперечная e , м	
		вертикальная h , м	
9	Нагрузка на задние колеса трактора при наклоне:	левое $Y_{пл}$, кг	
		правое $Y_{пн}$, кг	
10	Нагрузка на заднюю ось трактора при наклоне $Y_{кп}$, кг		
11	Нагрузка на переднюю ось трактора при наклоне $Y_{пн}$, кг		
12	Проекция продольной базы трактора при наклоне $L_{п}$, м		
13	Проекция продольной координаты центра тяжести при наклоне $a_{п}$, м		
14	Высота подставки H , м		
15	Радиус задних колес $r_{к}$, м		
16	Радиус передних колес $r_{п}$, м		
17	Разность радиусов задних и передних колес Δr , м		
18	Величина угла наклона трактора α		
19	Значение $\cos\alpha$		
20	Значение $\operatorname{ctg}\alpha$		
21	Значение $\operatorname{tg}\alpha_{\text{lim}}$		
22	Значение $\operatorname{tg}\alpha'_{\text{lim}}$		
23	Значение $\operatorname{tg}\beta_{\text{lim}}$		
24	Значение $\operatorname{tg}\beta'_{\text{lim}}$		
25	Предельные углы продольной статической устойчивости трактора:	на подъеме α_{lim}	
		на спуске α'_{lim}	
26	Предельные углы поперечной статической устойчивости трактора:	на левом склоне β_{lim}	
		на правом склоне β'_{lim}	

3. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

1. Привести краткую методику определения координат центра тяжести колесного трактора.
2. Изобразить схемы к определению координат центра тяжести.
3. Привести необходимые расчетные формулы.
4. Обработать результаты испытаний и заполнить таблицу.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На какие эксплуатационные качества тракторов и автомобилей оказывает влияние расположение координат центра тяжести?
2. Какие способы используются при определении координат центра тяжести?
3. Как определяются продольные, поперечные и вертикальные координаты центра тяжести?
4. В каких пределах находятся предельные статические углы продольной и поперечной устойчивости у колесных тракторов?
5. Как изменяются координаты центра тяжести тракторов и автомобилей в процессе эксплуатации?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скотников, В. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В. А. Скотников, А. А. Машенский, А. С. Солонский. – М.: Агропромиздат, 1986. – 383 с.
2. Тракторы: Испытания / В. В. Гуськов [и др.]; под общ. ред. В. В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1986. – 182 с.
3. Чудаков, Д. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / Д. А. Чудаков. М.: Колос, 1972. – 475 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения	3
2. Выполнение лабораторной работы	4
2.1. Лабораторная установка	4
2.2. Настройка и использование в работе электровесов ЭВ-60	6
2.3. Определение продольной координаты центра тяжести	8
2.4. Определение поперечной координаты центра тяжести	9
2.5. Определение вертикальной координаты центра тяжести	9
2.6. Определение предельных статических углов устойчивости	11
2.7. Порядок выполнения лабораторной работы	13
3. Отчет по работе	14
4. Контрольные вопросы	15
Библиографический список	15

Учебное издание

Рудашко Александр Александрович

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
КООРДИНАТ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА
И ПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛОВ УСТОЙЧИВОСТИ

Методические указания и задания к лабораторной работе

Редактор *Т. П. Рябцева*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*
Корректор *Л. С. Разинкевич*

Подписано в печать 12.07.2017. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,69.
Тираж 90 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.