

**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации**

Технологический институт-филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

А.А. Хохлов
Д.Е. Молочников
А.Л. Хохлов
И.Р. Салахутдинов

**Испытания транспортных и транспортно-технологических
машин и оборудования:
Лабораторный практикум**



Димитровград - 2019

УДК 621.3.43.075

ББК 39.3

X – 86

Хохлов, А.А. Испытания транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования: Лабораторный практикум / А.А. Хохлов, Д.Е. Молочников, А.Л. Хохлов, И.Р. Салахутдинов - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2019.- 41 с.

Рецензенты: Голубев Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования» ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ротанов Евгений Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Естественнонаучные и технические дисциплины», ПКИУПТ (филиал) ФГБОУ ВО «МГУТУ ИМ. К.Г.РАЗУМОВСКОГО (ПКУ)»

Испытания транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования: Лабораторный практикум для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Утверждено
на заседании кафедры «Эксплуатация транспортно-
технологических машин и комплексов»
Технологического института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,
протокол № 1 от 4 сентября 2019 г.

Рекомендовано
к изданию методическим советом Технологического
института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ
Протокол № 1 от 5 сентября 2019 г.

© Хохлов А.А., Молочников Д.Е., Хохлов А.Л., Салахутдинов И.Р., 2019

© Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1	
Тема: Определение центра тяжести трактора.....	4
Лабораторная работа № 2	
Тема: Нормальные реакции при работе трактора с прицепным орудием.....	9
Лабораторная работа №3	
Тема: Нормальные реакции трактора при работе с навесным орудием.....	13
Лабораторная работа №4	
Тема: Испытание гидроувеличителя сцепного веса (ГСВ).....	18
Лабораторная работа № 5	
Тема: Испытание силового и позиционного регулятора.....	22
Лабораторная работа №6	
Тема: Испытание автомобиля на топливную экономичность.....	28
Лабораторная работа №7	
Тема: Определение коэффициента дорожного сопротивления, коэффициента перекатывания и уклона дороги.....	33

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Тема: Определение центра тяжести трактора

Цель работы: 1. Определить координаты центра тяжести трактора.
2. Определить параметры, характеризующие устойчивость трактора.

Методика: Координаты центра тяжести определяется методом взвешивания.

Оборудование: 1. Трактор TZ-4К-14.
2. Подъемное устройство – таль.
3. Динамометры; ДПУ-0,5-2.
4. Измерители: линейка, рулетка, штангенлинейка.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1 Координаты центра тяжести трактора

1.1 Продольно – горизонтальная координата

Центр тяжести – точка приложения равнодействующей силы тяжести трактора или автомобиля. Трактор собран из деталей и механизмов. Любое тело имеет координаты. К центру тяжести приложена сила веса трактора G , вектор которого направлен к центру Земли.

Координаты центра тяжести:

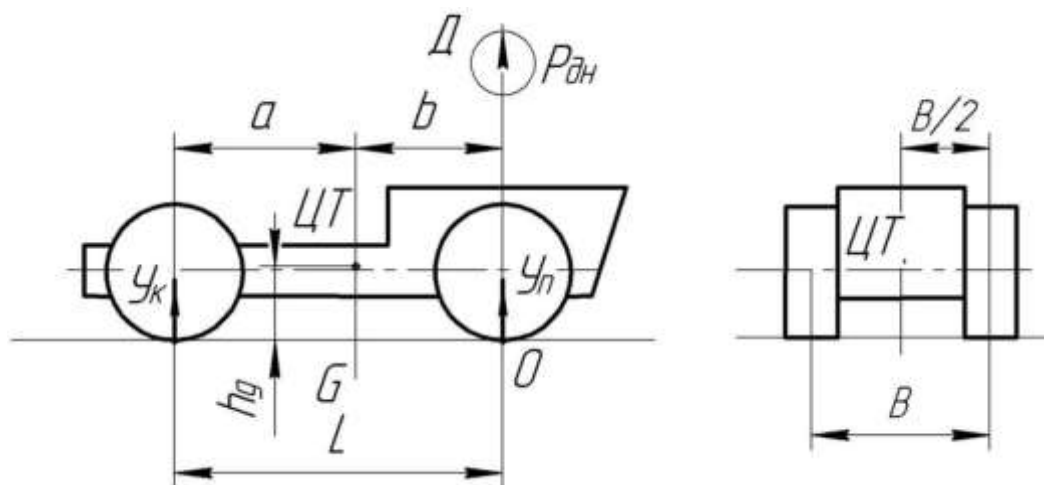


Рисунок 1 – Центр тяжести и реакции опорных колес:
а - расстояние центра тяжести относительно задних колес (оси);
в - расстояние центра тяжести относительно передней оси.

Методом взвешивания определяются координаты, для чего вывешиваются через динамометр талью задние колеса трактора. Под передние колеса ставится проставка, чтобы трактор был в горизонтальном положении. Такая же последовательность при взвешивании через передние колеса. На основании статики по принципу Даламбера можно записать уравнения (рисунок 1):

$$\sum P_y = 0 \quad \dot{O}\hat{e}(\dot{D}_{\dot{a}c}) + \dot{O}\hat{i}(\dot{D}_{\dot{a}i'}) = G;$$

$$\sum M_O = G \cdot v - Y_K(P_{3\partial}) \cdot L = 0$$

$$\hat{a} = \frac{\dot{O}\hat{e}(\dot{D}_{\dot{a}c})L}{G}$$

$$a = L - v$$

При конструировании трактора конструкторы стараются центр тяжести расположить в середине, так как это влияет на устойчивость при уклоне и повороте.

Трактор предназначен для выполнения различных сельскохозяйственных работ. Сзади трактора навешивается СХМ и при работе равнодействующая машинотракторного агрегата $G_{\text{агр}}$ будет смещаться назад. Необходимо, чтобы на всех ведущих колесах усилие было одинаково. У трактора К-701 без нагрузки работает передний мост, при прицеплении равнодействующая перемещается назад, поэтому включается задний мост. При конструировании тракторов сельскохозяйственного назначения центр тяжести перемещается немного вперед.

1.2 Вертикальная координата

При проведении соревнований машин мы видим, что они приземистые, т.е. центр тяжести смещен как можно ниже, но у трактора он расположен высоко. При действии равнодействующей через точку опоры и в равновесии, динамометр показывает O . Тогда, $G \sin \alpha = P_{\text{дз}} \sin \alpha$.

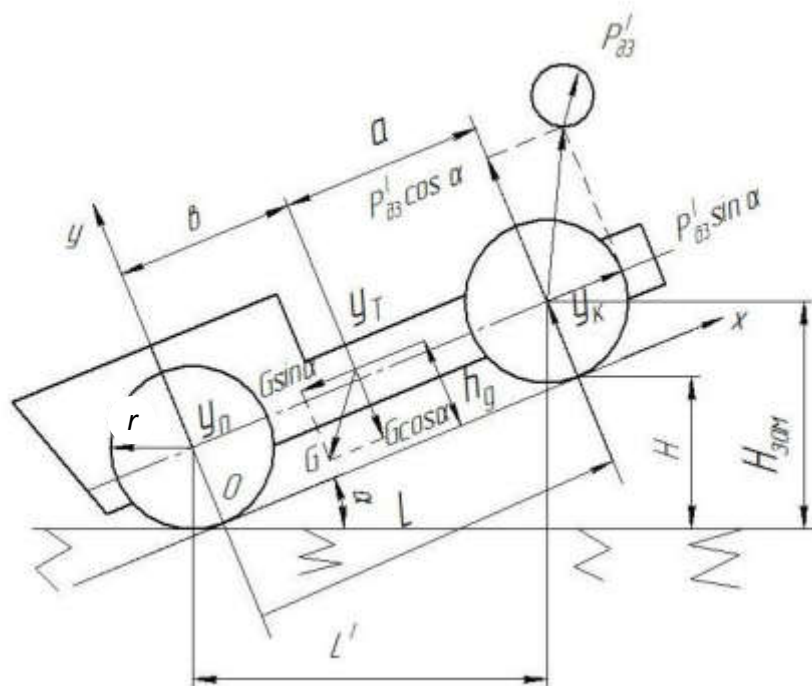


Рисунок 2 – Определение координат центра масс трактора с помощью динамометра

Составим сумму моментов всех сил относительно точки O

$$\sum M_O = G \cdot \cos \alpha \cdot \hat{a} - G \cdot \sin \alpha \cdot h_g - P'_{\hat{a}\zeta} \cdot \cos \alpha L + P'_{\zeta\hat{a}} \cdot \sin \alpha \cdot r = 0.$$

$$h_g = \frac{G \cos \alpha \cdot \hat{a}}{G \sin \alpha} - \frac{P'_{3d} \cos \alpha \cdot L}{G \sin \alpha} + \frac{G \sin \alpha \cdot r}{G \sin \alpha}$$

$$h_g = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \left(\hat{a} - \frac{P'_{\zeta\hat{a}} \cdot L}{G} \right) + r, \text{ заменим } \cos \alpha = \frac{L'}{L} \text{ и } \sin \alpha = \frac{H}{L}$$

$$h_g = \frac{L'}{H} \left(\hat{a} - \frac{P'_{3d} \cdot L}{G} \right) + r; \quad h_g = \sqrt{\frac{L'^2 - H^2}{H}} \left(\hat{a} - \frac{P'_{3d} \cdot L}{G} \right) + r$$

Замеры: L=

r=

B=

H=H_{зам}-r=

Y_п(P_{дп})=

Y_к(P'_{дз})

2 Параметры устойчивости трактора

2.1 Предельный угол въезда и съезда

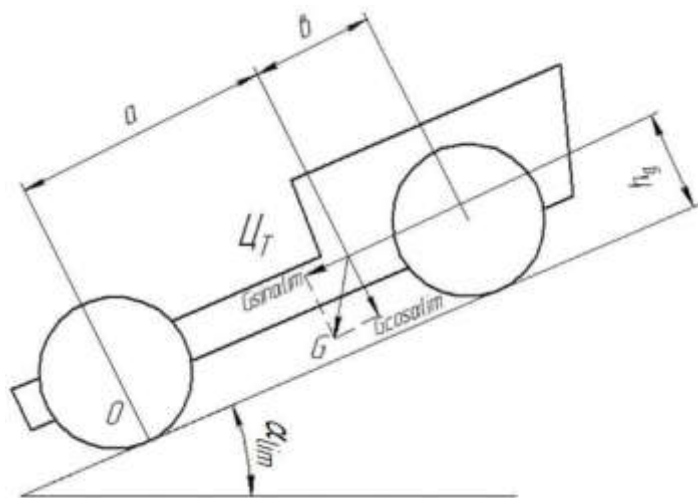


Рисунок 3 – Определение угла въезда и съезда

$$G \cos \alpha_{lim} a = G \sin \alpha_{lim} h_g.$$

Предельный угол въезда

$$\operatorname{tg} \alpha_{lim} = \frac{a}{h_g}; \quad \alpha_{lim} = \operatorname{arctg} \frac{a}{h_g}.$$

Предельный угол съезда

$$\operatorname{tg} \alpha'_{lim} = \frac{b}{h_g}; \quad \alpha'_{lim} = \operatorname{arctg} \frac{b}{h_g}.$$

2.2 Предельный угол на поперечном уклоне

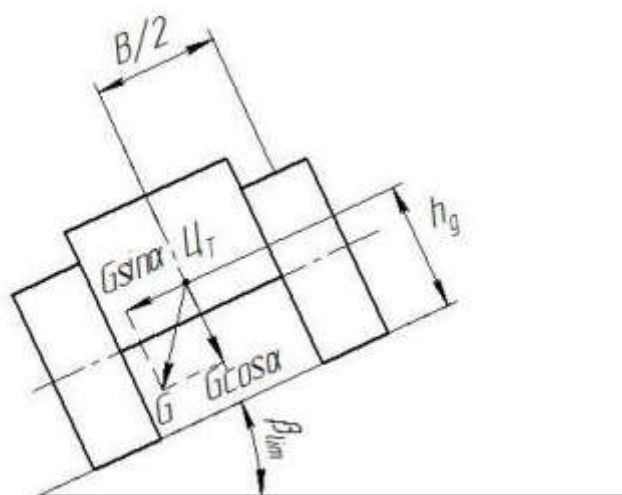


Рисунок 4 – Определение предельного угла опрокидывания трактора

Предельный угол на поперечном уклоне

$$\operatorname{tg} \beta_{\text{lim}} = \frac{b}{2h_g}; \quad \beta_{\text{lim}} = \operatorname{arctg} \frac{b}{2h_g}.$$

2.3 Минимальный радиус поворота

Трактор или автомобиль может опрокидываться на повороте при езде на большой скорости.

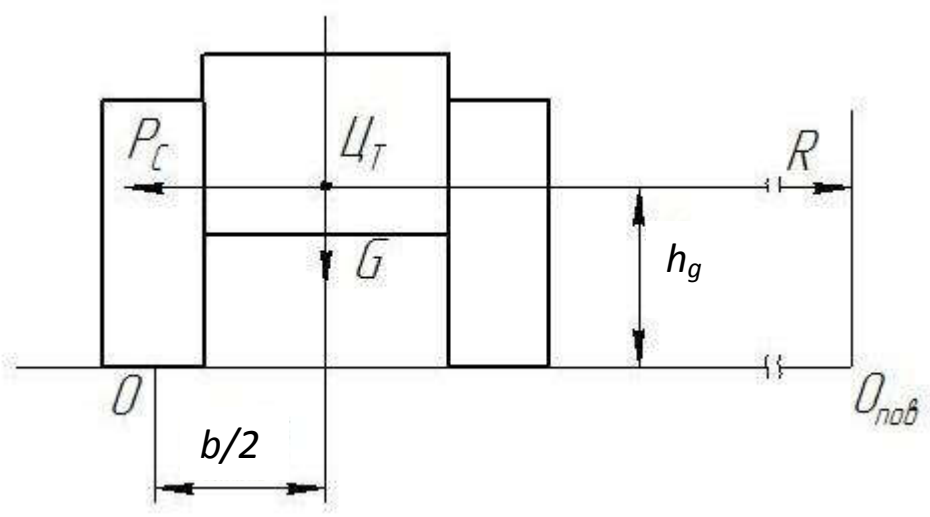


Рисунок 5 – Определение критической скорости и минимального радиуса поворота трактора

Опрокидывающий момент $P_c h_g = G \frac{b}{2}$.

$$P_c = mV^2 R = m \frac{V^2}{R^2} R;$$

$$\frac{GV^2_{\text{крит.}}}{gR} h_g = mg \frac{b}{2}.$$

Критическая скорость $V_{\text{крит.}} = \sqrt{\frac{Rgb}{2h_g}}$.

Определить критическую скорость $V_{\text{крит}}$ при $R = 8$ м.

Определить минимальный радиус поворота при $V=40$ км/ч.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение «центр масс»?
2. Дайте определение «центр наружности»?
3. Дайте определение «центр инерции»?

4. Объясните, почему центр тяжести у тракторов сельскохозяйственного назначения смещен вперед?
5. Объясните, почему центр тяжести у промышленных тракторов смещен назад?
6. Назовите известные радиусы пневмошины?
7. Назовите случаи качения колес.
8. Что является признаком нарушения устойчивости трактора?
9. Какими показателями оцениваются поперечная устойчивость трактора?
10. Что такое вираж и для чего его делают на поворотах дорог?
11. Занос каких колес (передних управляемых или задних ведущих) наиболее вероятен и почему?
12. Что может произойти с трактором при нарушении продольной устойчивости и каким показателем она оценивается?
13. Что представляют собой критические углы косогора по боковому скольжению и опрокидыванию?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Тема: Нормальные реакции при работе трактора с прицепным орудием

Цель работы:

1. Установить значения нормальных реакций Y_k и Y_n на задние и передние колеса трактора.
2. Определить силу тягового сопротивления при его наклоне к поверхности пути.

Методика: Значения Y_k и Y_n определяется путем динамометрирования.

Оборудование:

1. Трактор TZ-4K-14.
2. Подъемное устройство – таль.
3. Динамометры; ДПУ-0,5-2.
4. Измерители: линейка, рулетка, штангенлинейка.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1 Определение нормальных реакций на передние и задние колеса трактора

Значения нормальных реакций Y_k и Y_n на заднем и переднем колесах машин существенно влияют не только на показатели их тягово-сцепных свойств (коэффициент сопротивления качению, коэффициент сцепного веса), но и на показатели тормозных свойств, управляемости, устойчивости ходовой системы.

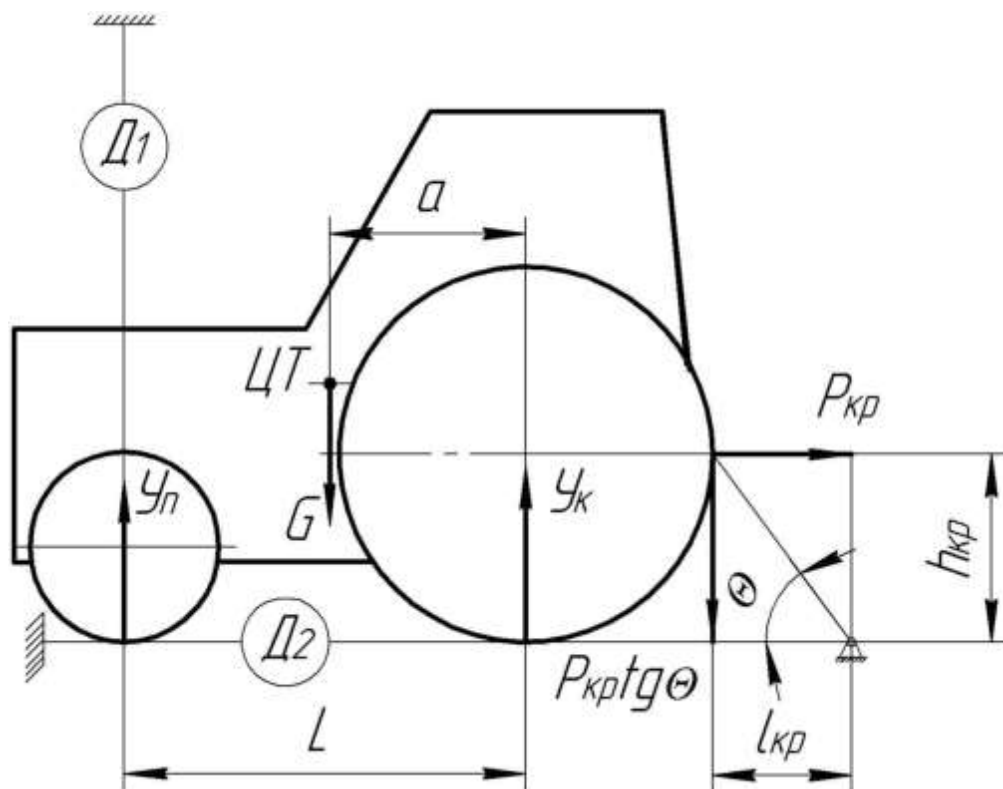


Рисунок 1 – Определение нормальных реакций при работе трактора с прицепным орудием

При статическом (неподвижном) положении машины на горизонтальном участке без прицепа $P_{кр}=0$, $V=0$, $\alpha=0$, $M_f=0$. Нормальные реакции, которые возникают в этом случае, называют статическими:

$$Y_n = \frac{Ga}{L}; \quad Y_k = \frac{G(L-a)}{L}.$$

2 Определение сил тягового сопротивления на крюке

При наклоне линии тягового сопротивления на крюке ($P_{кр}$) к поверхности $\theta \neq 0$ происходит изменение реакций Y_n и Y_k . При перераспределении нормальных нагрузок между колесами формула имеет вид

$$Y_k + Y_n = G + P_{кр} \operatorname{tg} \theta$$

При положении линии тягового сопротивления на крюке ($P_{кр}$) параллельной поверхности пути $\theta=0$.

$$\text{Тогда } Y_k + Y_n = G$$

При определении нормальных реакций при работе с прицепными орудиями необходимо следующие измерения:

$$L =$$

$$H =$$

$$l_{кр} =$$

$$h_{кр} =$$

$$\theta =$$

$$Y_n(D_1) =$$

$$P_{кр}(D_2) =$$

Для определения нормальной реакции на передние колеса Y_n используется динамометр (D_1), т.е. взвешивание передней оси. Переднюю ось поднимают на высоту h_1 , при этом подкладывая под задние колеса доску толщиной h_1 .

Сила тягового сопротивления $P_{кр}$ создается гидроцилиндром, величина которой измеряется динамометром D_2 .

Нормальные реакции задних (ведущих колес) Y_k определяются по ниже приведенным формулам:

Вычисления:

Угол наклона реакции $P_{кр}$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{h_{кр}}{l_{кр}}$$

$$\text{При } P_{кр} = 0 \quad a = \frac{Y_n \cdot L}{G}$$

$$Y_k = G + P_{кр} \operatorname{tg} \theta - Y_n$$

$$Y_k = G - Y_n$$

Ожидаемые графики зависимостей $Y_n = f(P_{кр})$, $Y_k = f(P_{кр})$.

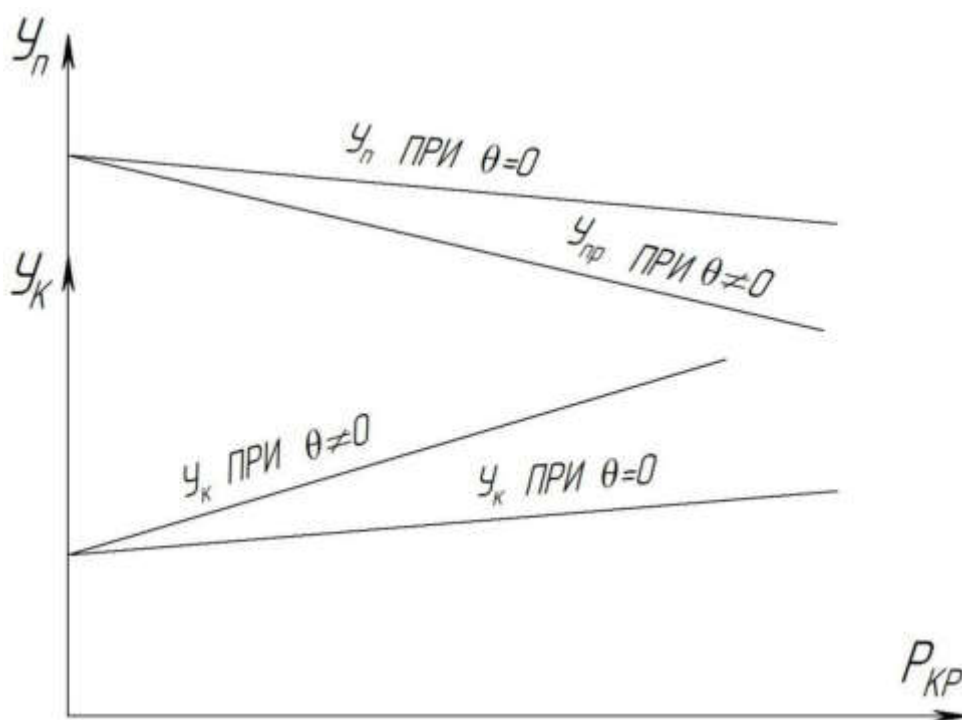


Таблица 1 – Результаты измерений

№ опыта	$P_{кр}(Д2)$	$Y_n(Д1)$	$P_{кр} \operatorname{tg} \theta$	Y_k
1.				
2.				
...				

Построить графики, полученные по данным при выполнении ЛПЗ

$$Y_n = f(P_{кр}), \quad Y_k = f(P_{кр}).$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чему равна нормальная реакция дороги Y_n , действующая на передние колеса при статическом (неподвижном) положении трактора?
2. Чему равна нормальная реакция дороги Y_k , действующая на задние колеса.
3. Как изменяются реакции Y_n и Y_k , если машина движется без прицепа.
4. Из каких составляющих состоит $P_{кр} \cdot \operatorname{tg} \theta$?
5. Дайте понятие «коэффициент нагрузки колес»
6. Что происходит, если наклон машин $P_{кр}$:
 - а) $\theta \neq 0$ при наклонная вверх; б) $\theta \neq 0$ – при наклонах вниз; в) $\theta = 0$.

7. Как влияет на распределение нагрузок между передними и задними колесами продольная координата центра тяжести трактора?
8. Как влияет на распределение нагрузок между передними и задними колесами продольная координата L (база трактора)?
9. Как влияет на распределение нагрузок между передними и задними колесами продольная координата положение центра тяжести?
10. Как влияет на распределение нагрузок между передними и задними колесами продольная координата положение точки прицепа?
11. Чему равна нормальная реакция дороги на задние колеса Y_k у тракторов МТЗ, ЮМЗ, Т-25?
12. Чему равна нормальная реакция дороги на задние колеса Y_k у трактора Т-16М?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Тема: Нормальные реакции трактора при работе с навесным орудием

Цель работы: Установить зависимость нормальных реакций передних и задних колес Y_n и Y_k трактора и орудия от сопротивления орудия.

Методика: Нормальные реакции трактора с навесными орудиями определяются методом динамометрирования и создания сопротивления навесным орудием (имитирующим навесное сельскохозяйственное орудие) гидроцилиндром.

Оборудование:

1. Трактор МТЗ-80.
2. Подъемное устройство – таль.
3. Динамометры.
4. Измерители: линейка, рулетка.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Управляемость трактора, его тягового-сцепные, тормозные и другие

свойства зависят от значений нормальных нагрузок на ведущие и ведомые колеса.

При работе с навесными орудиями следует учитывать влияние силового воздействия орудий на трактор.

Примем, что сзади к трактору прикреплено одно навесное орудие. Силы, действующие на орудие, показаны на рисунке 1.

Значение, направление и точка положения реакций $R_{рез}$ почвы зависят от вида выполняемой сельскохозяйственной операции, почвенных условий, конструкции машины, состояния рабочих органов и ряда других факторов. По опытным данным, точка приложения реакции $R_{рез}$ для основных почвообрабатывающих машин располагается в продольно-вертикальной плоскости, проходящей через центр тяжести машины и должна находиться в зоне действия рабочих органов, т.е. между необработанной поверхностью поля и дном борозды.

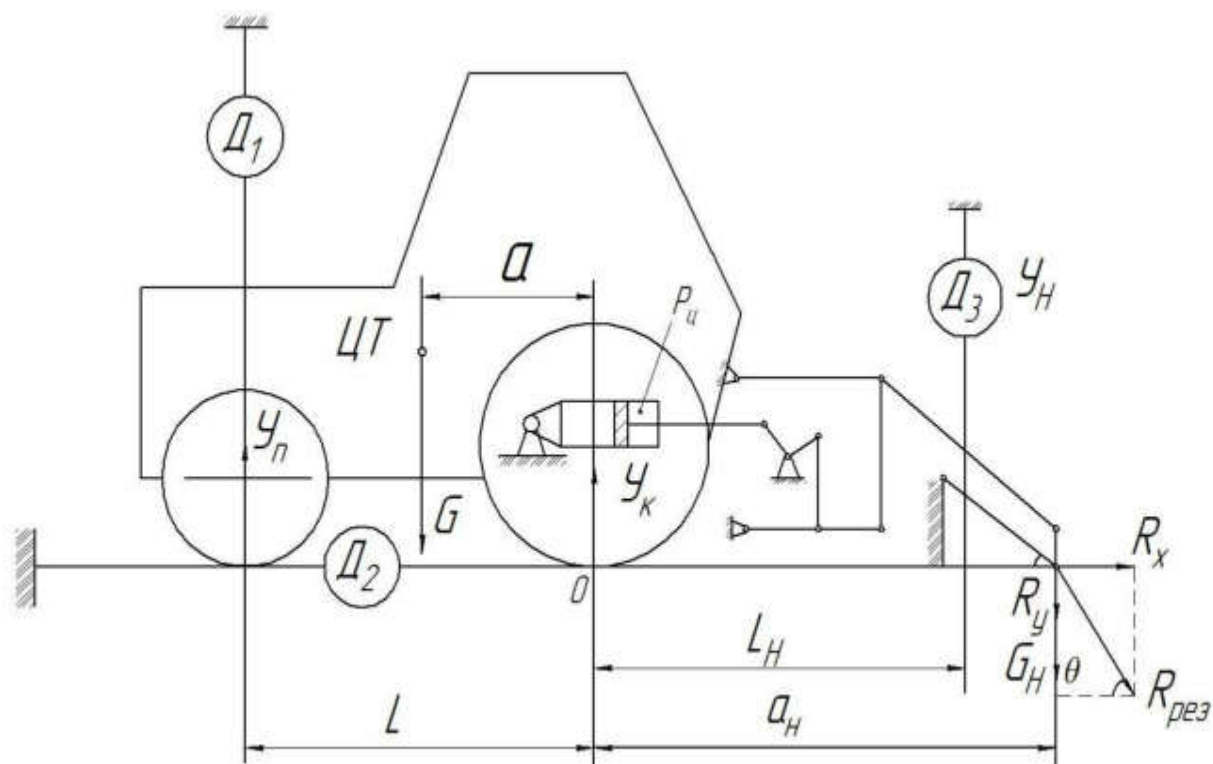


Рисунок 1 – Определение нормальных реакций при работе трактора с навесным орудием

Примем следующие допущения: вес G_H навесного орудия и реакция R_y приложены в одной точке, и их результирующая $R=R_y+G_H$; сопротивление качению опорного колеса орудия мало и поэтому реакция Y_H определяем динамометром D_3 .

Разложим результирующие $R_{рез}$ на две составляющие: горизонтальную R_x , представляющую собой тяговое сопротивление навесного орудия и вертикальную R_y+G_H , равную сумме вертикальной R_y (нормальной) составляющей реакции почвы, которая может быть направлена как вверх, так и вниз, и веса G_H орудия. Обозначим (θ) угол между $R_{рез}$ и R_x , тогда $R_y+G_H=R_x \operatorname{tg} \theta$.

Навесной системой современных тракторов управляют гидроцилиндром, с помощью которого возможно создание нулевой реакции на опорное колесо, т.е. $Y_H=0$. В этом случае реакция почвы и вес орудия полностью передаются на трактор.

Оценим влияние силового воздействия орудия задней навески на нормальные реакции, действующие на задние и передние колеса трактора. Рассмотрим движение машинно-тракторного агрегата по горизонтальному пути.

В нашем случае, условия статического равновесия машинно-тракторного агрегата по принципу Даламбера следующие:

$$\sum M_O = 0: G_a = Y_n L - Y_H \cdot L_H - R_x \cdot \operatorname{tg} \theta \cdot a_H = 0.$$

$$\sum Y = 0: Y_K + Y_n - G - R_x \operatorname{tg} \theta + Y_H = 0.$$

$$R_x \operatorname{tg} \theta = \frac{G_a - Y_n \cdot L + Y_K \cdot L_H}{a_H}.$$

$$Y_K = G \left(1 - \frac{a}{L}\right) + R_x \operatorname{tg} \theta \left(1 + \frac{a_H}{L}\right) - Y_H \left(1 + \frac{L_H}{L}\right).$$

Из этих формул видно, что нормальные реакции Y_K и Y_n на задние и передние колеса трактора зависят от реакции Y_H . При увеличении реакции Y_H уменьшается сцепной вес Y_K тракторов не только с задними, но и со всеми ведущими колесами, увеличивается нагрузка на передние колеса трактора.

Следовательно, чтобы повысить тягово-сцепные свойства трактора, желательно уменьшить реакции Y_n почвы на опорные колеса орудия. Однако результаты опытов показывают, что при малом значении Y_n часто нарушается агротехника возделывания сельскохозяйственных культур (выглубление орудия, неравномерность глубины обработки и др.). Поэтому необходимо либо корректировать, регулировать значение реакции Y_n , либо ликвидировать опорные колеса, достигая условия агротехники другим способом-регулируванием и стабилизацией тягового сопротивления R_x и силы $R_x \cdot \text{tg } \theta$.

Для установления нормальных реакций Y_n и Y_k с навесным орудием Y_n от сопротивления навесного орудия методом взвешивания D_1 определяем Y_n , для чего под задние колеса ставится проставка, чтобы трактор был в горизонтальном положении.

Значение Y_n задается дополнительным динамометром D_3 , имитирующее изменение Y_n , при изменении давления в гидроцилиндре, так как шток гидроцилиндра соединен с рамой навесного орудия.

Тяговое сопротивление создается дополнительным гидроцилиндром, изменение которого измеряется динамометром D_2 .

Таким образом, изменяя значения R_x , определяем значение Y_n, Y_k, Y_n при различных углах θ .

Измерения:

$L =$

$Y_n (D_1) =$

$L =$

$Y_n (D_3) =$

$a_n =$

$R_x (D_2) =$

Вычисления:

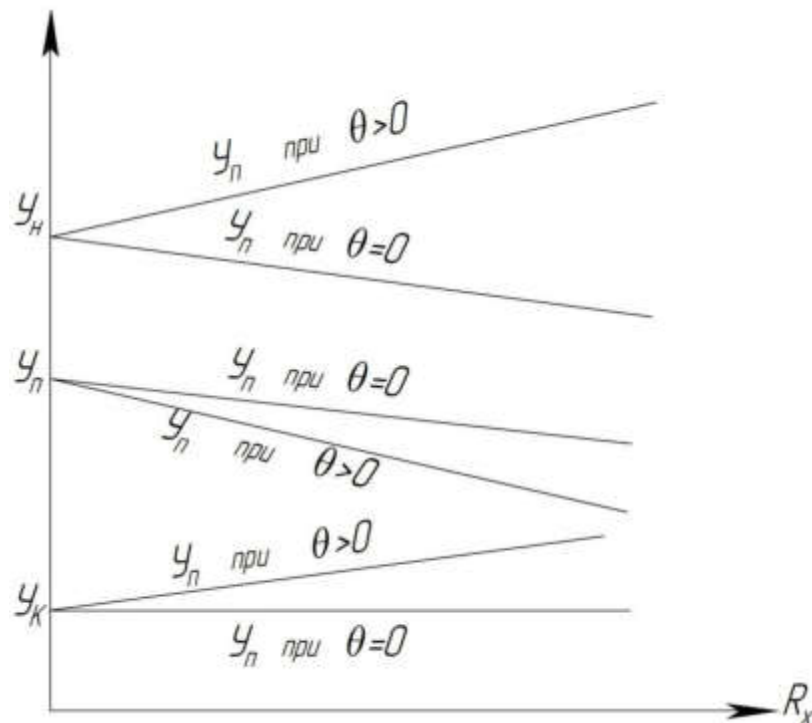
$$R_x \cdot \text{tg } \theta = \frac{G a - \dot{O}_i L + \dot{O}_i L_i}{\dot{a}_i}$$

$$\dot{O}_e = G \left(1 - \frac{a}{L}\right) + R_x \text{tg } \theta \left(1 + \frac{a_i}{L}\right) - \dot{O}_i \left(1 + \frac{L_i}{L}\right).$$

Таблица 1 – Результаты измерений

№ опыта	$Y_n(D_1)$	$R_x(D_2)$	$Y_n(D_3)$	$R_x \cdot \text{tg} \theta$	Y_k
1.					
2.					
3.					
...					

Ожидаемые графики нормальных реакций трактора и орудия от сопротивления почвы $Y_n = f(R_x)$, $Y_k = f(R_x)$, $Y_n = f(R_x)$:



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От чего зависит точка приложения R почвы и в какой зоне располагается при пахоте?
2. Из каких составляющих состоит $R_k \cdot \text{tg} \theta$?
3. Какое значение имеет реакция Y_n почвы на опорное колесо орудия при увеличении заглубляющего момента?
4. Какое устройство используется для уменьшения буксования колес?

5. Какой характер изменения имеют Y_n , Y_p и Y_n при изменении напора масла в штоковой полости гидроцилиндра?
6. Как изменить реакцию Y_n для увеличения сцепного веса трактора?
7. Как предотвращается отрыв опорных колес орудия ($Y_n = 0$) при работе трактора.?
8. Какие способы используются для регулировки глубины обработки почвы?
9. Расскажите, на чем основаны различные способы регулировки глубины обработки почвы?
10. Какие типы догружателей ведущих колес используются на различных тракторах?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Тема: Испытание гидроувеличителя сцепного веса (ГСВ)

Цель работы: 1. Изучить устройство и работу гидроувеличителя сцепного веса трактора (ГСВ).
2. Установить зависимость нормальных реакций трактора и орудия от давления в гидроцилиндре ГСВ-Р_ц.

Методика: Испытание гидроувеличителя сцепного веса проводится при постоянном сопротивлении орудия $R_x = \text{const}$, и изменением давления в штоковой полости силового гидроцилиндра $P_{ц} = 0,8 \dots 2,8$ Мпа (измеряется манометром M_2), меняется натяжением пружины в гидроаккумуляторе маховиком.

Оборудование: 1. Трактор МТЗ-80 (82).
2. Подъемное устройство – таль.
3. Динамометры.
4. Измерители: а) линейка б) рулетка, 5) манометр.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для корректирования значения Y_n без остановки трактора используют гидроцилиндр навесного устройства, в котором регулируют давление, и таким образом, поддерживают значение Y_n в требуемых пределах. Чтобы предотвратить отрыв опорных колес орудия от почвы или излишнего заглубления колес, гидроцилиндр оснащают полуавтоматическим устройством, стабилизирующим заданный уровень давления в гидросистеме.

Корректоры нагрузок того или иного типа устанавливают на колесных тракторах в основном с целью увеличения сцепного веса, т.е. для поддержания в подъемной (штоковой) полости гидроцилиндра и регулируемого подпора (давления) P_c масла с целью переноса нормальной нагрузки - с опорных колес навесного орудия Y_n и передних колес трактора Y_n на его задние (ведущие колеса) Y_k .

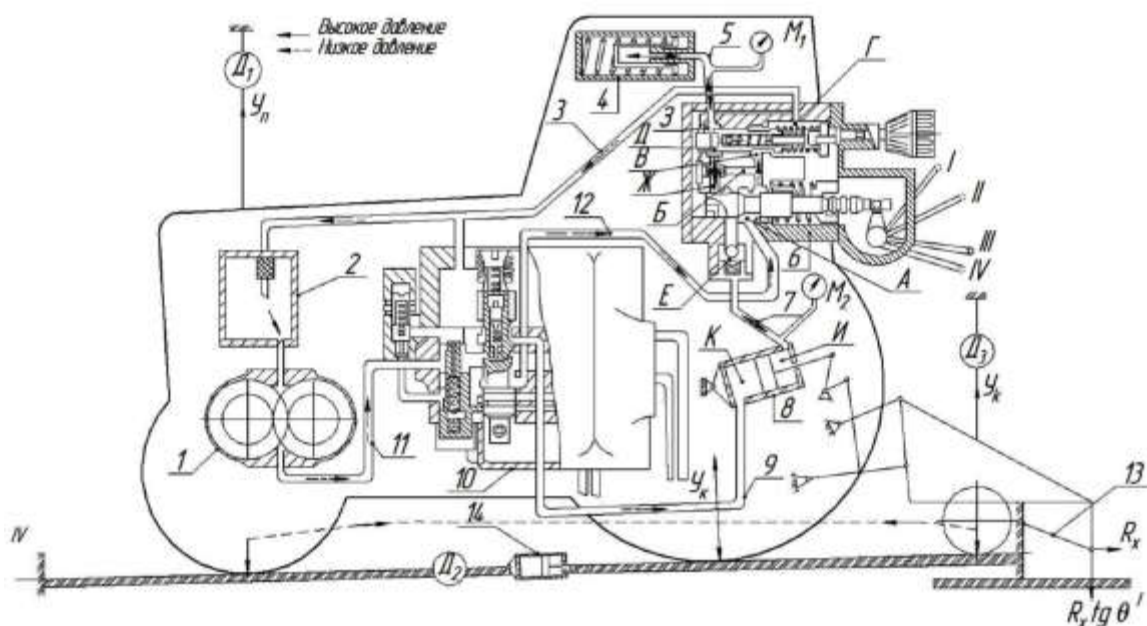


Рисунок 1 - Схема работы гидравлической системы МТЗ-80 (МТЗ-82) с гидроувеличителем сцепного веса:

1-насос; 2-бак для рабочей жидкости; 3,5,7,9,11 и 12 трубопроводы, соединяющие агрегаты гидросистемы; 4-пружинный гидроаккумулятор; 6-гидроувеличитель; 8, 14-цилиндр; 10-распределитель, положение рукоятки гидроувеличителя; 13-распорка : I-«заперто»; II - «ГСВ выключен»; III-«ГСВ включен»; IV-«сброс давления»: А, Б, В, Д, Е, Ж, И, К - полости.

Таким образом, уменьшается буксование ведущих колес. Эти корректоры называются гидроувеличителями сцепного веса или догрузателями ведущих колес трактора.

При работе гидросистемы в подъемной полости «И» силового цилиндра 8 создается давление подпора рабочей жидкости (масла), которого недостаточно для подъема навесного орудия в транспортное положение, поэтому копирование рельефа опорными колесами сохраняется.

Гидроувеличитель сцепного веса включен в гидросистему трактора и состоит из двух агрегатов: самого гидроувеличителя 6 и гидроаккумулятора 4. Масло из заряженного гидроаккумулятора 4 подается в рабочую полость «И» силового гидроцилиндра 8 для обеспечения постоянного подпора в ней.

Для испытания гидроувеличителя сцепного веса устанавливаем рукоятку гидроцилиндра Р75-33Р в «нейтральное положение», рукоятку управления регулятором в положение «П».

Методом динамометрирования (взвешивания) и измерения определяем:

Измерения:

$L =$

$Y_n(D_1) =$

$L_n =$

$Y_A(D_3) =$

$a_n =$

$R_x(D_2) =$

Вычисления:

$$R_x \operatorname{tg} \theta = G \frac{a}{a_i} \dot{O}_i \frac{L}{\dot{a}_i} + \dot{O}_i \frac{L_i}{\dot{a}_i}.$$

$$\dot{O}_e = G \left(1 - \frac{a}{L}\right) + R_x \operatorname{tg} \theta \left(1 - \frac{a_i}{L}\right) - \dot{O}_i \left(1 - \frac{L_i}{L}\right).$$

Создавая различные давления $P_n = 0,8 \dots 2,8$ МПа в штоковой полости силового гидроцилиндра (И), вращениями маховика гидроаккумулятора 4 замеряем значения Y_k , при определенных значениях Y_n и Y_n .

Ожидаемый график зависимости нормальных реакций трактора Y_k , Y_n и орудия Y_n от различных давлений $P_{ц}$ в силовом гидроцилиндре.

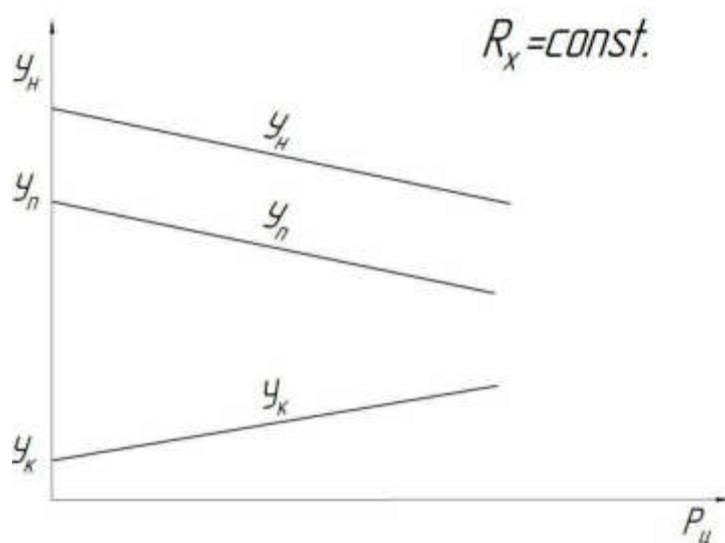


Таблица 1 – Результаты измерений

№ опыта	$Y_n(D_1)$	$R_x(D_2)$	$Y_n(D_3)$	$R_{ц}$	$R_x \operatorname{tg} \theta$	Y_k
1.						
2.						
3.						
...						

КОНТОРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких агрегатов состоит гидроувеличитель сцепного веса (ГСВ)?
2. Для чего создан гидроаккумулятор и как он работает?
3. Для чего создан гидроувеличитель сцепного веса?
4. Из каких деталей состоит гидроаккумулятор?
5. Из каких частей состоит гидроувеличитель сцепного веса?
6. Расскажите схему действия ГСВ при «ГСВ включен».
7. Расскажите схему действия ГСВ при «Подзарядка».
8. Расскажите схему действия ГСВ при «ГСВ выключен».
9. Расскажите схему действия ГСВ при «заперто».

10. Расскажите схему действия ГСВ при «сброс давления».
11. Расскажите зависимость нормальных реакций Y_n при $\theta = 0$.
12. Расскажите зависимость нормальных реакций Y_n при $\theta \neq 0$.
13. Расскажите зависимость нормальных реакций Y_k при $\theta = 0$.
14. Расскажите зависимость нормальных реакций Y_k при $\theta \neq 0$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Тема: Испытание силового и позиционного регулятора

Цель работы: 1. Изучить работу регулятора.

2. Определить нечувствительность регулятора при силовом регулировании.
3. Определить нечувствительность регулятора при позиционном регулировании.

Методика: Изменением тягового сопротивления сельскохозяйственного орудия гидроцилиндром проводится коррекция на подъем и на опускание. Тяговое сопротивление измеряется динамометром D_2 .

Оборудование: 1. Трактор МТЗ-80.

2. Силовой (позиционный) регулятор.
3. Груз (баллоны), имитирующие сельскохозяйственные орудия.
4. Динамометр.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Силовой (позиционный) регулятор автоматически поддерживает положение рабочих органов навешенной машины относительно поверхности почвы без использования опорных колес. Поэтому ведущие колеса трактора догружа-

ются не частью веса машины, как при работе с ГСВ, а полным ее весом; тяговое сопротивление машины уменьшается, так как нет сопротивления опорных колес качению по почве.

Регулятор – это дополнительный агрегат гидронавесной системы тракторов МТЗ-80 и МТЗ-82. Он установлен на кронштейне основного гидроцилиндра, подключен к насосу параллельно золотниковому распределителю, действует по сигналам датчиков. Имеется механизм ручного управления этим регулятором.

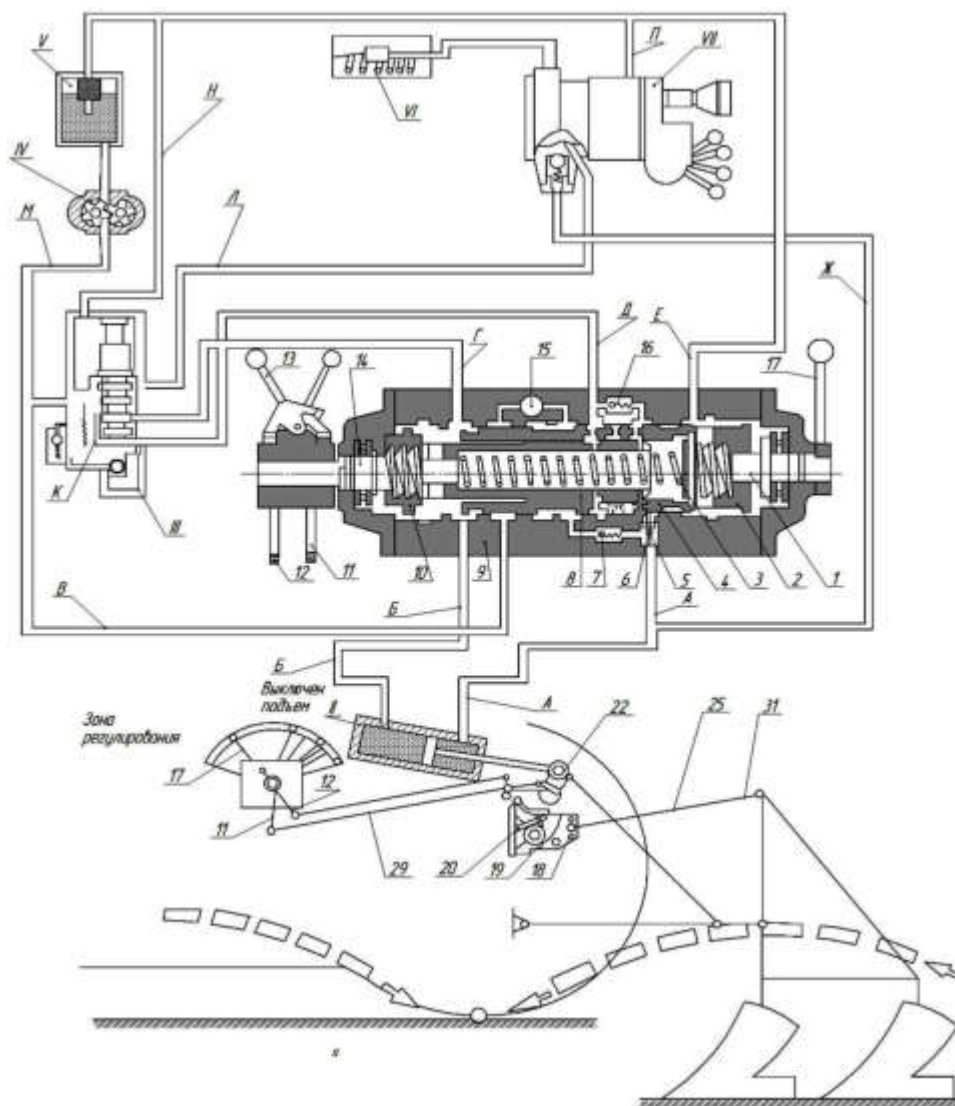


Рисунок 1 – Общий вид силового регулятора и гидропривода механизма навески трактора МТЗ – 80

В корпусе 9 расположена подвижная гильза 4, а в ней-золотник 8. Пружина 3 прижимает золотник к гайке 10, а гильзу-к гайке 2. Эти гайки винтами

14 и 1 перемещаются вдоль оси, сжимая пружину. Резьба винтовых пар – многозаходная, обратимая (несамотормозящаяся). Упорные подшипники и крышки корпуса от осевых перемещений удерживаются винтами.

На наружном конце винта 14 закреплена муфта с перекидным переключателем 13. Повернутый влево, он соединяет винт 14 с рычагом 12, а если повернуть вправо, то соединит этот же винт с рычагом 11.

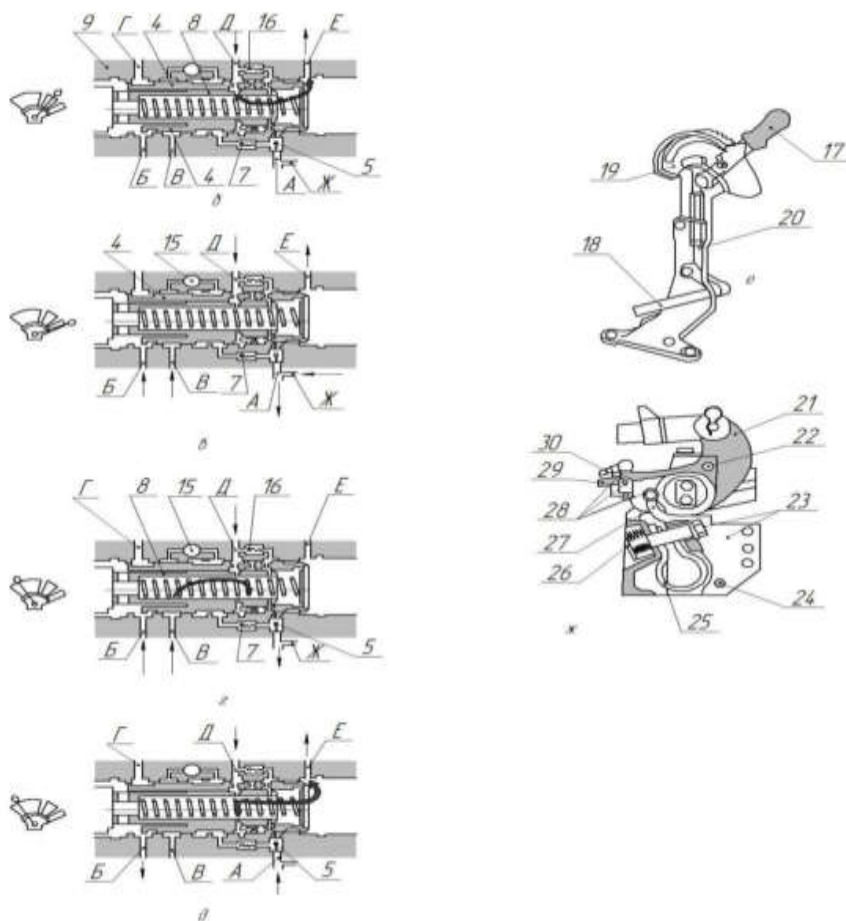


Рисунок 2 - Схема работы регулятора глубины обработки почвы:

А-опускание машины из транспортного положения; Б- регулятор выключен; В- подъем машины в транспортное положение; Г- коррекция на опускание машины; Д- коррекция на подъем машины; Е- механизм рукоятки управления регулятором; Ж- механизм датчиков; 1- винт гильзы; 2- гайка гильзы; 3- распорная пружина; 4- гильза; 5- запорный клапан; 6- толкатель; 7- обратный клапан; 8- золотник; 9- корпус регулятора; 10- гайка золотника; 11- рычаг позиционного регулирования; 12- рычаг силового регулирования; 13- переключатель; 14- винт золотника; 15- регулирующий кран; 16- обратный клапан; 17- рукоятка управления регулятором; 18- валик управления; 19- сектор; 20- тяга; 21- рычаг поворотного вала; 22- палец; 23- серьга; 24- ось серьги; 25- пластинчатая пружина; 26- цилиндрические пружины; 27- поводок; 28- детали привода; 29- позиционная тяга; 30- силовая тяга; 31- верхняя тяга навески; 32- перепускной клапан; I- регулятор, II- гидроцилиндр, III- распределитель, IV- насос, V- бак, VI- гидроаккумулятор, VII- ГСВ; А,Б,В,Г,Д,Е,Ж,Л,М,Н и П- гидролинии; К- отводной канал.

К рычагам прикреплены тяги от датчиков автоматического регулирования. Датчики через переключатель 13 и его муфту перемещают золотник в гильзе. Датчик силового регулирования воспринимает усилия от верхней тяги 31 навески.

Задний конец тяги закреплен пальцем в одном из отверстий серьги 23 и поворачивает ее на оси 24 неподвижного кронштейна.

Сжимающие усилия передаются пластинчатой пружине 25, а растягивающие – четырем цилиндрическим пружинам 26. Деформация пружин поводком 27 через детали 28 (тягу и рычаги) передается на силовую тягу 30, поворачивая рычаг 12 регулятора.

Датчиком позиционного регулирования служат рычаг 21 поворотного вала механизма навески, шарнирно соединенного со штоком гидроцилиндра. Палец 22, закрепленный в рычаге 21, через позиционную тягу 29 поворачивает рычаг 11 регулятора.

Механизм ручного управления регулятором расположен справа от сиденья водителя. Рукоятка 17 шарнирно закреплена на оси, имеет зубчатую пластину и фиксатор, которыми может удерживаться в определенном положении на секторе 19: в зоне регулирования (для опускания и работы машины), выключения регулятора или подъема машины. Подвижный упор, смонтированный в прорези сектора, используется для ограничения хода рукоятки. Рукояткой перемещают гильзу относительно корпуса 9 и золотника 8.

При силовом или позиционном способах регулирования гидронавесной системой управляют только с помощью рукоятки 17. В этом случае золотники распределителя ставят в нейтральное положение, в рукоятку ГСВ в любое, кроме положения «ГСВ выключен».

Схема силового регулирования. Когда рукоятка 17 установлена на секторе в зоне регулирования, регулятор включен. Гильза 4 занимает в корпусе 9 положение, соответствующее месту рукоятки 17 на секторе. Через рычаг 12, винт 14 и гайку 10 силовая тяга 30 удерживает золотник 8 в определенном положении относительно гильзы.

На рисунке 2 показано взаимное положение деталей 4, 8 и 9, при котором подъемная полость гидроцилиндра II соединена гидролинией А через открытый клапан 5 со сливной гидролинией Е. Поэтому машина опускается под действием собственного веса, а лемеха плуга заглубляются в почву.

При установке рукоятки 17 в положение «Выключен» гильза 4 перекрывает гидролинию В от насоса IV. Гидролиния Д, по которой масло подается из распределителя через полость золотника 8, соединена с гидролинией Е. Масло, поступающее из распределителя III, по гидролинии Е сливается в бак V. Клапаны 5 и 7 закрыты. При этом масло заперто в подъемной полости гидроцилиндра II. Когда регулятор выключен, гидросистемой управляют с помощью рукояток золотников распределителя или рычагом ГСВ.

Подъем машины в транспортное положение. Для этого рукоятку 17 поворачивают по сектору вниз и удерживают рукой. Гильза займет положение, в. Гидролиния Д, а следовательно, перекрыты гильзой 4; клапан 32 закрывается. Насос направляет масло по гидролинии Л через ГСВ, по гидролиниям Ж и А- в подъемную полость гидроцилиндра. Сюда же через клапан 7 поступит масло, нагнетаемое насосом по гидролинии В. По окончании подъема машины рукоятки 17 отпускают, и пружина 3 через гайку 2, винт 1, валик 18 и тягу 20 вернет рукоятку в положение «Выключено».

Коррекция на подъем. С увеличением глубины растет и тяговое сопротивление машины. Пружина 25 датчика сжимается. Силовая тяга 30 через рычаг 12 повернет винт 14. Его гайка 10 сместит золотник вправо, и займет положение, г. Перепускной клапан 32 распределителя закроется. От насоса по гидролинии В через открытые кран 15 и клапан 7 по гидролинии А масло начнет поступать в подъемную полость гидроцилиндра. Машина будет подниматься, тяговое сопротивление уменьшится, и силовой датчик возвратит золотник 8 в нейтральное положение. Заданная глубина восстановится.

Краном 15 регулируют скорость коррекции: чем больше закрыт кран, тем больше масла сливается в бак через распределитель и тем меньше скорость подъема машины.

Коррекция на опускание. Если глубина обработки почвы начнет уменьшаться, нагрузка на пружину 25 датчика снизится. Через тягу 30, рычаг 12 и винт 14 датчик сместит гайку 10 влево. В ту же сторону пружина 3 сместит золотник 8. При новом положении золотника под действием веса машины масло будет выжиматься из нагнетательной полости гидроцилиндра на слив в бак, и заданная глубина восстановится.

Благодаря тому что процесс коррекции повторяется, глубина обработки почвы поддерживается приблизительно постоянной.

Для позиционного регулирования переключатель 13 поворачивают вправо до соединения с рычагом 11. Положение машины автоматически поддерживается регулятором так же, но винтом 14 управляет этот рычаг, а движение ему передает палец 22 поворотного рычага 21 через позиционную тягу 29.

Измерения:

Силовой регулятор

$R_{x\max}$ -сопротивление машины при коррекции на подъем;

$R_{x\min}$ -сопротивление машины при коррекции на опускание.

Позиционный регулятор

h_{\min} -высота установки орудия при коррекции на подъем;

h_{\max} -высота установки орудия после коррекции на подъем.

Вычисления:

Нечувствительность при силовом регулировании:

$$\Delta R_x = R_{x\max} - R_{x\min} ;$$

$$\delta_R = \frac{(R_{x\max} - R_{x\min}) \cdot 2}{R_{x\min} + R_{x\max}} \cdot 100\%.$$

Нечувствительность при позиционном регулировании:

$$\Delta h = h_{\max} - h_{\min} ;$$

$$\delta_h = \frac{2(h_{\max} - h_{\min})}{h_{\max} + h_{\min}} \cdot 100\%.$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите для чего предназначен силовой (позиционный) регулятор.
2. Расскажите работу регулятора «датчик – силовое регулирование».
3. Расскажите работу регулятора «датчик – позиционное регулирование».
4. Расскажите работу регулятора «ручное управление».
5. Расскажите о «схеме силового регулирования».
6. Расскажите о «подъеме машин в транспортное положение».
7. Расскажите о «коррекция на подъем».
8. Расскажите о «позиционное регулирование».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Тема: Испытание автомобиля на топливную экономичность

Цель работы: Определить топливную экономичность автомобиля:

1. Путь расход топлива (марка автомобиля).
2. Минимальный удельный расход топлива.

Методика: 1. Путь расход топлива определяется (марка автомобиля) прогоном автомобиля по горизонтальному участку дороги с твердым и ровным покрытием длиной не менее 1 км с полной нагрузкой при различных скоростях движения (20, 30,..км/ ч)

2. Удельный расход топлива по формуле:

$$g_e = \frac{G_T}{N_e} = 1000 \frac{\rho_m Q}{t \cdot N_e} \text{ г/кВт}\cdot\text{ч.}$$

где G_T - часовой расход топлива, кг/ч;

ρ_m - плотность топлива, кг/м³;

N_e - мощность двигателя, кВт;

t – время пробега, ч.

Оборудование: 1. Автомобиль (марка автомобиля).

2. Установка замера расхода топлива.

3. Измерители дороги: рулетка.

4. Измеритель расхода топлива – секундомер,
измерительная мензурка.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Топливная экономичность автомобильного двигателя имеет важнейшее значение в эксплуатации, т.к. топливо - один из основных эксплуатационных материалов, потребляемых автомобилем в большом количестве. В связи с этим, себестоимость перевозок существенно зависит от топливной экономичности автомобиля, т.к. затраты на топливо составляют 10...15% всех затрат на перевозки. Поэтому топливо необходимо использовать с максимальной эффективностью, не допуская неоправданных его затрат и потерь.

Расход топлива автомобилем зависит от его конструкции и технического состояния, а также от дорожных и климатических условий, квалификации водителя и организации транспортного процесса.

Совершенство конструкции автомобиля с точки зрения топливной экономичности оценивают по величине общего расхода топлива Q в литрах, отнесенного к длине пройденного пути S в км или к величине транспортной работы в т.км.

Расход топлива (л /100 км) на единицу пробега автомобиля

$$\theta_s = \frac{Q}{S} \cdot 10^2,$$

где S – длина пройденного пути, км.

Расход топлива на единицу пробега сравнительно легко определить, однако он не учитывает транспортной работы, выполняемой автомобилем, что может привести к неверным выводам при оценке топливной экономичности. Так, у автомобиля, перевозящего груз, расход топлива на единицу пробега всегда больше, чем у того же автомобиля, работающего в тех же условиях, но без нагрузки. Поэтому автомобиль, выполняющий полезную работу, оказывается

«менее экономичным» по сравнению с автомобилем, совершающим холостой пробег.

Более правильно оценивать топливную экономичность автомобиля по расходу топлива, отнесенному к единице транспортной работы (л / т.км (или л / пасс. км)

$$\theta_p = \frac{Q}{W_{Tp}} = \frac{Q}{m_{gp} \cdot S_{gp}},$$

где: W_{Tp} - объем транспортной работы в т. км (или пасс. км);

m_{gp} - масса перевезенного груза в т (или пассажиров);

S_{gp} – пробег автомобиля в груженом состоянии в км.

В качестве измерителей топливной экономичности двигателя используют расход топлива в кг за час работы G_T кг/ч, а также удельной эффективный расход g_e в г/кВт·ч. Величины G_T , g_e , θ_s связаны между собой следующими формулами:

$$G_T = \frac{\rho_T Q}{t}, \text{ кг. ч.}$$

$$g_e = \frac{G_T}{N_e} = 1000 \frac{\rho_T Q}{t N_e}, \text{ г/кВт.ч.}$$

$$\theta_s = \frac{g_e N_e}{10 \rho_T V_a} = \frac{G_T t}{10 \rho_T S}, \text{ л/100 км.}$$

где: ρ_T - плотность топлива в кг/м³ ($\rho_T = 0,756$ кг/м³ для бензина А -76).

t - время, соответствующее расходу Q .

Согласно ГОСТу, дорожные испытания автомобиля на топливную экономичность проводят на горизонтальном прямолинейном участке дороги с твердым и ровным покрытием длиной не менее 1 км. Автомобиль с полной нагрузкой разгоняют за пределами участка до определенной постоянной скорости (20, 30 км/ч). В момент пересечения автомобилем первой границы мерного участка

включают секундомер, загорается лампа «время» 8 и включателем 13 включается измерение расхода топлива, загорается лампа 10 «измерение» и электроклапаном 5 переводится подача в положение, при котором топливо в карбюратор поступает не из топливного основного бака 1 автомобиля, а из измерительной мензурки 2, снабженной шкалой. Измерительная мензурка включена в топливную магистраль между баком 1 и топливным насосом 8. Когда автомобиль пересекает вторую границу участка, секундомер останавливают (лампа «время» гаснет), а кран 6 возвращают в положение, чтобы отключить подачу топлива из мензурки 2. По разности уровней в мензурке до и после замера определяют расход топлива за время движения по мерному участку. Установив кран 6 включателем 14 в положение «залив», при открытом вентиле 4 электроклапаном 5 из дополнительного бака 3 топливо поступает в измерительную мензурку 2, восстанавливая в ней исходный уровень топлива.

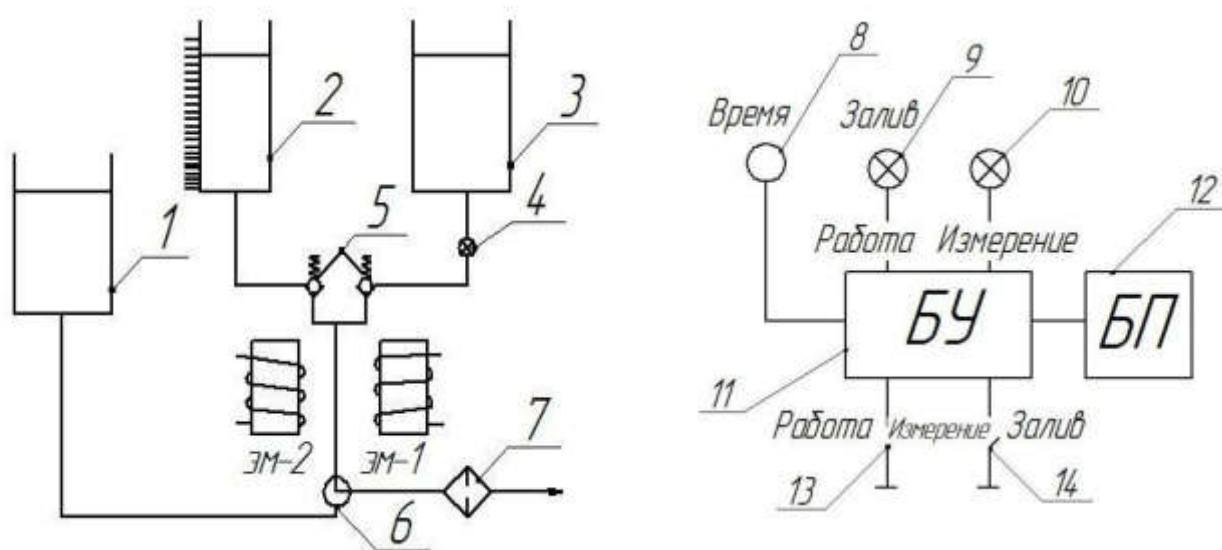


Рисунок 1 - Схема расходомер:

1-основной бак автомобиля; 2-измерительная мензурка; 3-дополнительный бак; 4-вентиль; 5-электроклапаны; 6-кран; 7-фильтр-отстойник двигателя; 8-секундомер; 9-лампа красная «работа»; 10-лампа зеленая «измерение»; 11-блок управления; 12-блок питания; 13-включатель «измерение» в кабине автомобиля; 14-включатель «залива» мензурки.

Повторяют заезд с той же скоростью в обратном направлении. Определив среднее значение удельного «путевого» расхода топлива θ_s и скорости V_a , получают зависимость $\theta_s = f(V_a)$ при данном значении коэффициента сопротивления дороги φ . Повторив испытания на участках дороги с другими значениями коэффициента φ .

Измерения:

V_T - объем топлива, см^3 .

Ожидаемый график зависимости путевого расхода от скорости автомобиля:

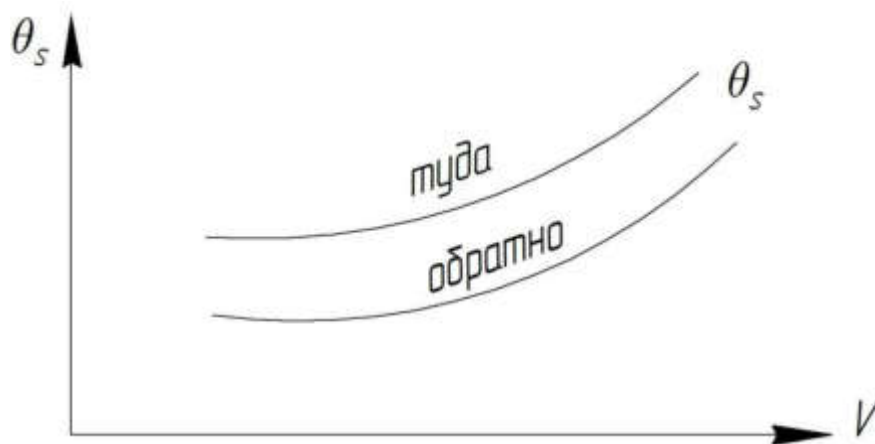


Таблица 1 – Результаты измерений

№ опыта	Направление движения	Объем топлива, см^3			t, с	V, км/ч	θ_s , л/100
1	туда						
	обратно						
2	туда						
	обратно						
3	туда						
	обратно						

Вычисления:

$$V = \frac{s}{t} \cdot 3,6 \text{ км/ч}; \quad \theta = \frac{Q}{S} \cdot 10^2 \text{ л/100км.}$$

График зависимости путевого расхода от скорости автомобиля по опыт-ным данным.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Охарактеризуйте основные показатели топливной экономичности автомобиля.
2. Дайте аналитическое выражение для определения топливной экономичности.
3. Объясните порядок построения экономической характеристики автомобиля.
4. Сделайте анализ экономической характеристики автомобиля.
5. Как влияют конструктивные факторы на топливную экономичность?
6. Как влияют эксплуатационные факторы на топливную экономичность?
7. Расскажите о методике дорожно-эксплуатационных испытаниях автомобиля.
8. Какие процессы автоматизируются при эксплуатации автомобиля?
9. Какие элементы используются при автоматизации испытаний и как они работают.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

Тема: Определение коэффициента дорожного сопротивления, коэффициента перекатывания и уклона дороги

Цель работы: 1. Определить коэффициент дорожного сопротивления- ψ
2. Определить коэффициент перекатывания (сопротивления качению) автомобиля – f
3. Определить уклон дороги – i (угол подъема - α)

Методика:

1 Определение коэффициента дорожного сопротивления

1.1 Коэффициент дорожного сопротивления при буксировании определяется следующим образом: автомобиль – тягач посредством троса со встроенным в него динамометром P_{ψ} буксирует на горизонтальном участке с твердым

покрытием испытываемый автомобиль, колеса которого заторможены. Замерив P_{ψ} и зная вес G , определяется ψ .

1.2 Коэффициент дорожного сопротивления накатом (методом выбега)-автомобиль движется на горизонтальном участке с твердым покрытием со скоростью $V_1=(10, 15, 20, 30 \text{ км/ч})$ до остановки $V_2=0$. При движении до остановки автомобиля определяется время выбега – t

2 Коэффициент сопротивление качению (f) автомобиля

2.1 Буксированием – автомобиль-тягач буксирует свободно катящийся автомобиль, соединенный с тягачом при помощи троса и динамометра на горизонтальном участке с твердым покрытием дороги со скоростью $V_1=10 \text{ км/ч}$.

2.2 Накатом – методом выбега. Во время движения автомобиля выбегом $V_1=(10, 15, 20, 0 \text{ км/ч})$ в двух направлениях водитель выключает передачу. Замеряя путь или время t движения автомобиля до полной остановки определяется f .

3 Уклон дороги определяется, если участок дороги не горизонтален, заездом в двух взаимно противоположных направлениях с одинаковой начальной скоростью $V_1=12 - 15 \text{ км/ч}$.

Оборудование: 1) Автомобиль (марка автомобиля).

2) Измерители дороги: рулетка.

3) Измерители движения автомобиля: секундомер.

4) Измерители силы движения: динамометр.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Методика лабораторно-дорожных испытаний. Перед испытанием автомобиль должен пройти обкатку; его техническое состояние тщательно проверяют, двигатель и трансмиссию прогревают и в процессе испытания наблюдают за их тепловым состоянием. Топливо и смазочные материалы должны соответствовать указаниям заводских инструкций и удовлетворять требованиям сезонности.

Для определения вышеуказанных коэффициентов автомобиль проделывает путь при установившемся движении на ровном, прямом, горизонтальном участке дороги требуемого качества, в сухую безветренную погоду.

Автомобиль испытывается на прямой передаче с уставленной для него номинальной полезной нагрузкой. Длина мерного гона должна быть 1 км. По обе стороны от него оставляют подъездные полосы длиной 1...3 км каждая. Длина подъездных полос должна быть достаточной для того чтобы требуемая скорость могла быть достигнута за 200...300 метров (в зависимости от значения скорости) до начала мерного гона. Для исключения влияния ветра и небольших уклонов дороги автомобиль движется по мерному гону в двух противоположных направлениях.

Для устранения влияния сопротивления воздуха автомобиль следует буксировать на малой скорости. При этом буксирный трос должен настолько длинным, чтобы тягач не создавал потоков воздуха, которые могут воздействовать на буксируемый автомобиль.

Испытуемый автомобиль (рисунок 1) буксируется посредством троса со встроенным в него динамометром (Д) на горизонтальном участке дороги с твердым покрытием автомобилем-тягачем, колеса которого заторможены.

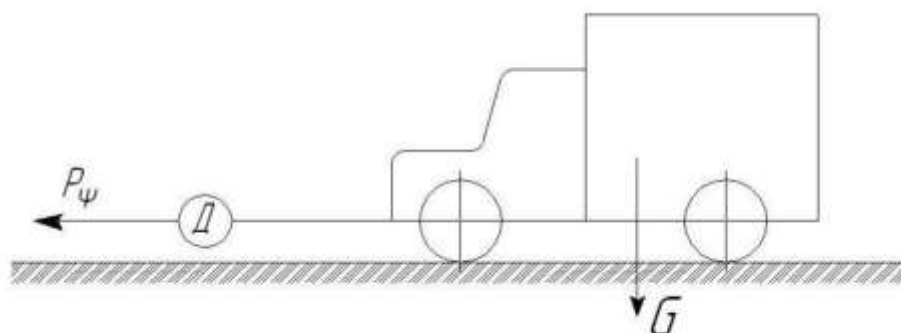


Рисунок 1 – Определение коэффициента дорожного сопротивления

1 Коэффициент дорожного сопротивления

1.1 Сила сопротивления дороги

Эта сила представляет собой сумму сил сопротивления качения и сопро-

тивления подъему:

$$P_d = P_f + P_h$$

или

$$P_d = Gf \cos \alpha + G \sin \alpha = G(f \cos \alpha + \sin \alpha).$$

Выражение в скобках, характеризующее дорогу в общем случае, называется коэффициентом сопротивления дороги

$$\psi = f \cos \alpha + \sin \alpha.$$

Для малых углов подъема (до 5°), характерных для большинства автомобильных дорог с твердым покрытием, коэффициент сопротивления дороги

$$\psi = f + i.$$

Сила сопротивления дороги в этом случае

$$P_d = G \psi,$$

Коэффициент сопротивления дороги

$$\psi = \frac{P_d}{G}.$$

1.2 Определение коэффициента дорожного сопротивления накатом (ψ) (методом выбега)

Простота экспериментального исследования движения накатом способствовала широкому использованию этого режима для определения коэффициента сопротивления дороги ψ и фактора обтекаемости W_g .

Для определения коэффициента ψ накат начинают со скорости 12-15 км/ч до остановки автомобиля. Сопротивлением воздуха и трением в трансмиссии при таких скоростях можно пренебречь.

При движении до остановки время выбега равно t , а приращение скорости численно равно начальной скорости V_H . Определив по осциллограмме выбега скорость V_H и время t выбега, из выражения определяют коэффициент ψ :

$$\psi \approx \frac{V_H}{34t}.$$

При отсутствии осциллографа и других самопишущих приборов время выбега автомобиля определяют при помощи секундомера, а скорость – по протарированному спидометру.

2 Коэффициент перекачивания (сопротивления качению) автомобиля (f)

2.1 Определение коэффициента сопротивления качения автомобиля буксированием (f)

Для определения f , автомобиль тягач, согласно рисунку 1, буксирует свободно катящийся автомобиль, соединенный с тягачом при помощи троса со встроенным динамометром на горизонтальном участке с твердым покрытием дороги со скоростью $V = 10$ км/ч. Показания определяются аналогично, как и при определении коэффициента дорожного сопротивления.

2.2 Определение коэффициента сопротивления качения (f) автомобиля накатом

Путь свободного качения (наката) автомобиля имеет существенное значение, т.к. в эксплуатационных условиях движение накатом используют довольно часто. Время и путь наката замеряют при двух значениях исходной скорости: максимальная – 20 км/ч, минимальная – 10 км/ч при движении автомобиля на горизонтальном участке с твердым покрытием. Исходная скорость должна принять установившееся значение не меньше чем за 50 метров до пункта, откуда автомобиль начинает движение по инерции. В этом пункте водитель выключает сцепление и переводит рычаг КПП в нейтральное положение, а испытатель включает измерительные приборы.

В практике для оценки динамичности автомобиля при накате широко используют длину пути выбега, которая является простым и наглядным показателем, позволяющим оценивать также и техническое состояние шасси автомобиля. Чем лучше техническое состояние шасси, тем больше путь выбега. Сред-

ние значения пути выбега отечественных автомобилей на горизонтальном участке дороги с твердым покрытием.

Если автомобиль движется с относительно небольшой скоростью, то величины сил P_w и P_{xx} можно не учитывать. Тогда замедление автомобиля при

$$\text{движении накатом } i_a = \frac{\Delta v_a}{3,6\Delta t} = 9,3 \frac{P_d}{G} = 9,3\psi \text{ м/сек}^2 .$$

На основании последнего выражения получена формула для определения уменьшения скорости во время переключения передач. Если начальная скорость автомобиля в момент начала переключения передач равна V_H , то скорость в конце переключения $V_k = V_H - \Delta V_n \approx V_H - 34\psi t_n$. Средняя скорость автомобиля за время t_n $V_n = 0,5(V_H + V_k) = V_H - 17\psi t_n$.

Таким образом, путь, пройденный автомобилем за время переключения передач, $S_n = (V_H - 17\psi t_n) \frac{t_n}{3,6}$.

3. Определение уклона дороги.

Автомобильная дорога состоит из чередующихся между собой подъемов и спусков и редко имеет горизонтальные участки большой длины. Крутизну подъема характеризуют величиной угла α в градусах или величиной уклона дороги i , который представляет собой отношение превышения (Н) к длине пути (В).

Разложим вес G автомобиля, преодолевающего подъем, который характеризуется углом α , на две составляющие: на силу $G \sin \alpha$, параллельную дороге, и силу $G \cos \alpha$, перпендикулярную ей.

Силу $G \sin \alpha$ называют силой сопротивления подъему и обозначают буквой P_h . На автомобильных дорогах с твердым покрытием углы подъема невелики и не превышают 4 - 5°. Для таких углов можно принять, что одна сотая

доля уклона соответствует $35'$ угла α . При этом уклон $i = \operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha$. Тогда сила $P_h = G \sin \alpha \approx iG$.

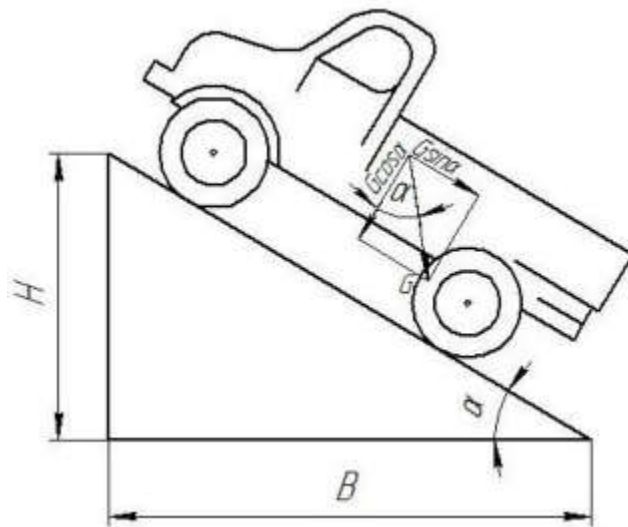


Рисунок 2 – Определение угла наклона дороги

Если участок дороги не горизонтален, можно определить величину уклона. Для этого производят заезды в двух взаимно противоположных направлениях с одинаковой начальной скоростью, причем:

для выбега автомобиля на подъеме $\psi_1 = f + i$;

для выбега автомобиля на спуске $\psi_2 = f - i$.

Из последних уравнений определим величины f и i :

$$f = 0,5(\psi_1 + \psi_2);$$

$$i = 0,5(\psi_1 - \psi_2).$$

Измерения:

1. Буксирование

Сила сопротивления движению $P_{\psi} = D$

Вес автомобиля G .

2. Выбег автомобиля

Скорость в начале измерения - V_1 , км/ч.

Скорость в конце измерения - V_2 , км/ч.

Время измерения скорости от V_1 до V_2 - t , с.

Вычисления:

Коэффициент дорожного сопротивления:

При буксировании: $\psi = \frac{P_{\psi}}{G}$.

При выбеге: $P_{\psi} = P_j$; $P_{\psi} = mg\psi$; $P_j = m\delta_{вр} \frac{V_1 - V_2}{t}$; $\psi = \delta_{вр} \frac{V_1 - V_2}{gt}$.

$\psi = \delta_{вр} \frac{V_1 - V_2}{3.6gt}$; $\delta_{вр} = 1,04 + 0,05i_{кпп}^2$; $i_{кпп} = 1$ (на прямой передаче)

Коэффициент перекачивания (сопротивления качению):

При буксировании: $f = \frac{P_f}{G} = \frac{P_g}{G}$, где P_{ψ} – показание динамометра (Д).

При выбеге: $i = \frac{\psi_1 + \psi_2}{2}$, где ψ_1 - коэффициент дорожного сопротивления на подъем; ψ_2 - коэффициент дорожного сопротивления на спуске.

Угол наклона дороги:

$i \approx \sin \alpha = \frac{\psi_1 - \psi_2}{2}$, $\alpha = \arcsin \frac{\psi_1 - \psi_2}{2}$.

Результаты измерений

При буксировании

№ опыта	Направление движения	P_{ψ}	ψ	f	α
1	туда				
	обратно				
2	туда				
	обратно				
3	туда				

Антон Алексеевич Хохлов
Денис Евгеньевич Молочников
Алексей Леонидович Хохлов
Ильмас Рифкатович Салахутдинов

Испытания транспортных и транспортно-технологических машин и
оборудования:

Лабораторный практикум

для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению
подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и
комплексов» - Дмитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ,
2019.- 41 с.