



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Кафедра «Проектирование и технический сервис ТТС»

## **Сборник задач**

к лабораторным работам №5-7  
«Мониторинг упругих смещений рабочих  
органов культиватора»  
по дисциплине

# **«Машины и оборудование для возделывания с/х культур»**

Авторы  
Игнатенко И. В.

Ростов-на-Дону, 2019

## Аннотация

Сборник задач предназначен для студентов очной, заочной форм обучения направления 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

## Авторы



д.т.н., доцент, профессор  
кафедры «Проектирование  
и технический сервис  
транспортно-  
технологических систем»  
Игнатенко И.В.



## Оглавление

### Оглавление

<b>Лабораторная работа №5 .....</b>	<b>4</b>
<b>«Мониторинг траекторий упругих смещений лап культиватора на нагрузочном стенде» .....</b>	<b>4</b>
<b>Лабораторная работа №6 .....</b>	<b>8</b>
<b>«Изучение геометрии механизмов пружинных предохранителей стоек культиваторов» .....</b>	<b>8</b>
<b>лабораторная работа № 7 .....</b>	<b>14</b>
<b>«ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК пружинных предохранителей лап культиватора» .....</b>	<b>14</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>19</b>

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

### «МОНИТОРИНГ ТРАЕКТОРИЙ УПРУГИХ СМЕЩЕНИЙ ЛАП КУЛЬТИВАТОРА НА НАГРУЗОЧНОМ СТЕНДЕ»

#### 1. Цель работы:

Получение навыков экспериментального определения упругих смещений пружинных стоек культиватора.

#### Задание:

Провести экспериментально мониторинг упругих смещений лапы на упругой стойке и сравнить их с расчетными значениями.

#### 2. Содержание работы.

1) выбрать для мониторинга одну из пружинных стоек лабораторной №2 по согласованию с преподавателем и установить её на стенде;

2) ознакомиться с методикой мониторинга ;

3) провести три нагружения по разным направлениям и замерить положения трёх точек лапы;

4) провести расчёт смещений и углов поворота лапы под нагрузкой;

5) построить графики траекторий носка лапы под нагрузкой;

6) сделать выводы о зависимости смещений от направления приложения нагрузки.

#### 3. Методика исследования.

В почвообрабатывающих машинах нагрузка  $P$  на рабочий орган деформирует его стойку и рабочий орган получает упругие смещения, которые характеризуются смещением  $s$  носка лапы и поворотом её на угол  $\theta$  (рис. 1).

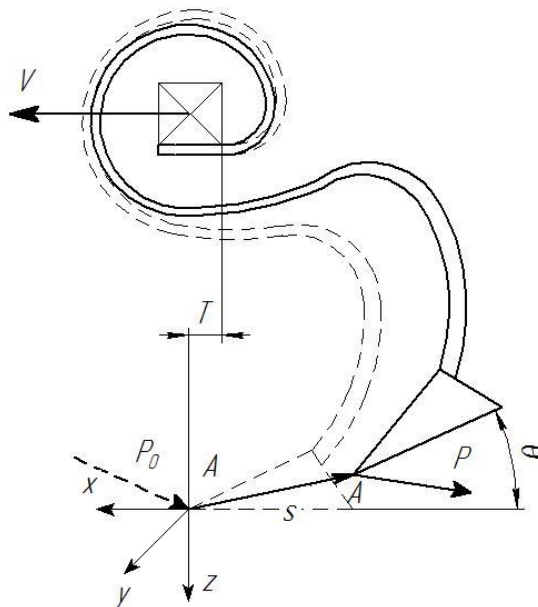


Рис. 1. Схема упругих смещений рабочего органа.

Упругие смещения искажают режимы резания: глубину хода и геометрию резания, поэтому они должны контролироваться.

Определение упругих смещений экспериментально проводится на стенде (рис. 2), представляющем раму с тросовым механизмом нагружения.

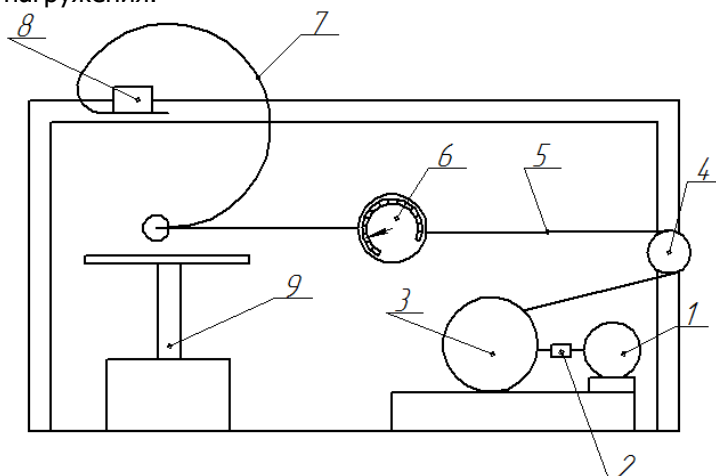


Рис.2. Схема экспериментального стенда.

1- двигатель (мотор); 2 – муфта; 3 – редуктор; 4 – натяж-  
5

ной шкив;

5 – трос; 6 – динамометр; 7 – пружинная стойка; 8 – брус для крепления стойки; 9 – регулировочный столик.

После закрепления стойки определяют положение носка лапы – точки А и заднего обреза лапы – точки В относительно поверхности столика при отсутствии нагрузки ( $P=0$ ). Для этого угольником проецируют точки на поверхность столика. Смещения точек замеряют по трём координатам: X, Y, Z, принимая начальное положение в т. А.

$$X_A = Y_A = 0.$$

#### 4. Нагрузки.

Задаются номинальной нагрузкой  $P_n = P_{раб}$ .

Используется метод трёх нагружений силой по разным направлениям.

1-ое нагружение – горизонтальная сила  $P_z=0$ ;  $P_y=0$ ,  $P_x = P_n$ .

Горизонтальную нагрузку  $P_x$  прилагают ступенями по 20 кгс до значения  $P_{xmax}=1,5P_n$ . При каждой ступени нагрузки замеряют положение точек А В и С относительно столика на каждой ступени. Результаты заносят в таблицу 1.

Обязательно определить смещения при нагружении  $P_x = P_n$ . Они принимаются за начальные при поперечном и вертикальном нагружении.

2-е нагружение поперечное – силу  $P_n$  прилагают тросом через ролик в горизонтальной плоскости XY под углом  $\delta$ ;

$$\delta = \arcsin Y/L_T =$$

где  $L_T$  – длина троса от носка лапы до ролика;

Y – расстояние ролика от оси X.

Рассчитывают составляющие нагрузки по осям

$$P_x = P \cos \delta = \quad ; \quad P_z = 0; \quad P_y = P \sin \delta = \quad ; \text{ и}$$

заносят в таблицу.

3-ое нагружение вертикальное – силу  $P_n$  прилагают тросом через шкив под углом  $\psi$  в вертикальной плоскости XZ;

$$\psi = \arcsin Z/L_T =$$

где  $L_T$  – длина троса от носка лапы до шкива;

Z – расстояние шкива от оси X.

Рассчитывают составляющие нагрузки по осям и заносят в таблицу.

$$P_x = P \cos \psi = \quad ; \quad P_z = P \sin \psi = \quad ; \quad P_y = 0 .$$

и заносят в таблицу для 3-го нагружения;

При каждом нагружении замеряют положения точек А и В

и заносят их значения в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты измерения упругих смещений стойки

Нагруже-	P	P	P	X	Y	Z	$\Delta$	X	Y	Z	$\Delta$	X	Z	Y	$\Delta$		$\theta$	$\theta$
	x	z	y	A	A	A	Z <sub>A</sub>	B	B	B	Z <sub>B</sub>	C	C	C	Z <sub>C</sub>		z	x
1	0	0	0	0												0	0	0
	2	0	0													-	-	-
	4	0	0													-	-	-
	6	0	0													-	-	-
	8	0	0													-	-	-
		0	0													-	-	-
	P <sub>н</sub>	0	0															
		0	0													-	-	-
		0	0													-	-	-
		0	0	0		0				0						-	-	-
2		0				0				0								
3			0															

#### 4. Расчёты.

Рассчитывают приращения  $\Delta Z_{Ai} = Z_{Ai} - Z_{A0}$ ;  $\Delta Z_{Bi} = Z_{Bi} - Z_{B0}$ ,  $\Delta Z_{Ci} = Z_{Ci} - Z_{C0}$  и заносят в столбцы таблицы.

Углы поворота определяют вблизи рабочей точки при  $P_x = P_n$ .

Тангаж - угол поворота лапы  $\theta_y$  вокруг оси Y при 1-ом нагружении  $P_x = P_n$ :

$$\theta_y = \arcsin[(Z_B - Z_A) / L] - \arcsin[(Z_{B0} - Z_{A0}) / L] =$$

где L – длина лапы.

Рыскание - угол поворота лапы  $\theta_z$  вокруг оси Z при 2-ом нагружении

$$\theta_{iz} = \arctg \left[ \frac{(Y_C + Y_B) / 2 (X_C - X_B)}{Z_C - Z_B} \right]$$

;

Крен - угол поворота лапы  $\theta_x$  вокруг оси X при 3-ем нагружении

$$\theta_x = \arcsin[(Z_B - Z_C) / BC] =$$

5. Построение графиков.

По данным таблицы строят траекторию носка  $\Delta Z_A = f(X_A)$  при первом нагружении. Для построения графиков упругих смещений от второго и третьего нагружений проставляют координаты  $X_A$ ,  $\Delta Z_A$  и соединяют их с началом координат плавной линией, не показывая промежуточные положения.

6. Вывод.

Указать степень зависимости величины упругих смещений носка лапы культиватора зависит от её ориентации. При рабочей нагрузке \_\_\_\_\_ кгс изменения смещения составят в %:

Нагружение $P = P_H$	$X_A$	$Y_A$	$Z_A$
горизонтальное	100%	100%	100%
в поперечной плоскости			
в вертикальной			

**5. Содержание отчёта.**

1. Цель работы.
2. Исследуемая пружинная стойка.
3. Методика мониторинга со схемой стенда.
4. Таблица нагружений и результатов измерений.
5. Расчёты смещений и углов поворота лапы под нагрузкой.
6. Графики траекторий носка лапы под нагрузкой.
7. Выводы о степени зависимости смещений от направления приложения нагрузки.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6**

**«ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ МЕХАНИЗМОВ ПРУЖИННЫХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ СТОЕК**



## КУЛЬТИВАТОРОВ»

**1. Цель работы:** получение навыков паспортизации рабочих органов почвообрабатывающих машин.

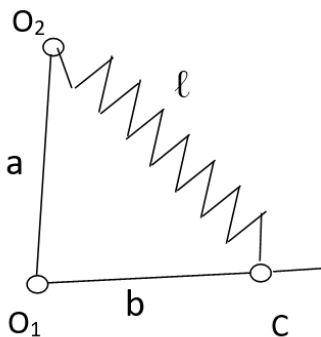
**Задача.** Провести анализ устройства пружинных предохранителей, имеющихся в лаборатории «Почвенный канал» и определить геометрию механизмов пружинных предохранителей стоек культиваторов.

**Цель работы:** получение навыков паспортизации рабочих органов почвообрабатывающих машин.

1. Провести анализ устройства пружинных предохранителей, имеющихся в лаборатории «Почвенный канал» (табл. 1) и определить геометрию упругого треугольника, диаметра и сечения пружинного элемента стойки.

## 2. Понятие о пружинных предохранителях лап культиваторов.

В культиваторостроении широко распространено шарнирное присоединение стоек к раме, называемое подвеской. В механизм подвески удобно включать пружинный предохранитель в виде упругого треугольника (рис. 1).



$O_1, O_2$  – шарниры на раме культиватора,

$a, b, l$  – стороны треугольника,

$l$  – длина упругого звена.

$D$  – диаметр пружины,

$d$  – диаметр проволоки.

$n$  – число витков пружины.

Рис. 1 - Упругий треугольник подвески:

Геометрия треугольника и жёсткость пружин определяет характеристику предохранителя, его порог срабатывания и перегрузки стойки при этом.

### 3. Содержание работы.

7) ознакомиться с имеющимися образцами визуально, провести замеры геометрических параметров упругих треугольников и пружин;

8) результаты измерений указать в таблице.

9) рассчитать жёсткость упругого звена как спиральной пружины по формуле:

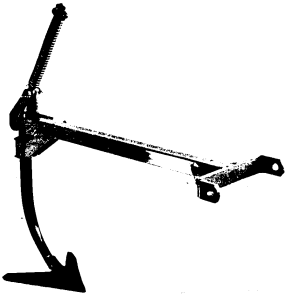


$$\tilde{N} = \frac{Gd^4}{8D^3n} ,$$




где  $G$  – модуль сдвига. Для пружинной стали принять  $G=8000$  кгс/мм<sup>2</sup>



Результаты измерений и расчётов привести в таблице 1.

Таблица 1. Результаты измерений

№	Общий вид подвески рабочего органа	Наименование подвески с предохранителем	Размеры упругого элемента	Жёсткость пружины $C$ кгс/мм 10кН/м

1		<p>грядильная с культиватора КПС-4</p>	<p>a= b= ℓ=  d = L= n=</p>	
2		<p>подвеска стрельчатой лапы с пружинной сжатия и регулируемым звеном b. предохранитель КПК-4</p>	<p>a= b= ℓ= d – L= n=</p>	C =
3		<p>подвеска пружинной стойки с пружинной сжатия и регулируемым звеном b. Предохранитель "John Deere"</p>	<p>a= b= ℓ= d – L= n=</p>	C =

4		<p>подвеска стрельчатой лапы с пружинной сжатия и грядилем. Предохранитель опытный.</p>	<p>a= b= ℓ= d = L= n=</p>	<p>C =</p>
5		<p>Подвеска стрельчатой лапы с двумя пружинами растяжения. Предохранитель Salford 1</p>	<p>a= b= ℓ= d – L= n= C =</p>	<p>C =</p>
6		<p>Подвеска плоскорезной лапы с двумя пружинами растяжения. Предохранитель типа КПЭ</p>	<p>a= b= ℓ= d – L= n=</p>	<p>C =</p>

7		<p>Подвеска плоскорезной лапы с двумя пружинами растяжения. Предохранитель КПЭ-3,8</p>	<p>a= b= ℓ= d – L= n=</p>	<p>C =</p>
8		<p>Подвеска комбинированной лапы с двумя пружинами растяжения . Предохранитель Salford</p>	<p>a= b= ℓ= d = L= n= C =</p>	<p>C =</p>

#### 4. Содержание отчёта

- 1 Цель работы
2. Схема упругого треугольника.
3. Таблица результатов измерений по форме 1.
4. Расчет жёсткости пружин.

Выводы по работе должны отражать название типов подвесок с предохранителем, варьирование геометрии упругих треугольников и жёсткости пружин, выявленные способы регулировки порога срабатывания предохранителя.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

### «ИССЛЕДОВАНИЕ ПРУЖИННЫХ КУЛЬТИВАТОРА»

### ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ ЛАП

**1.Цель работы:** Получение навыков оценки качества функционирования пружинных характеристик рабочих органов почвообрабатывающих машин.

**2.Задание:** Определить траекторию носка лапы при нагружении выше предельных значений, и построить силовую характеристику предохранителя.

**Объект** - подвеска № \_\_\_\_ (рис. 1) выбирается преподавателем.

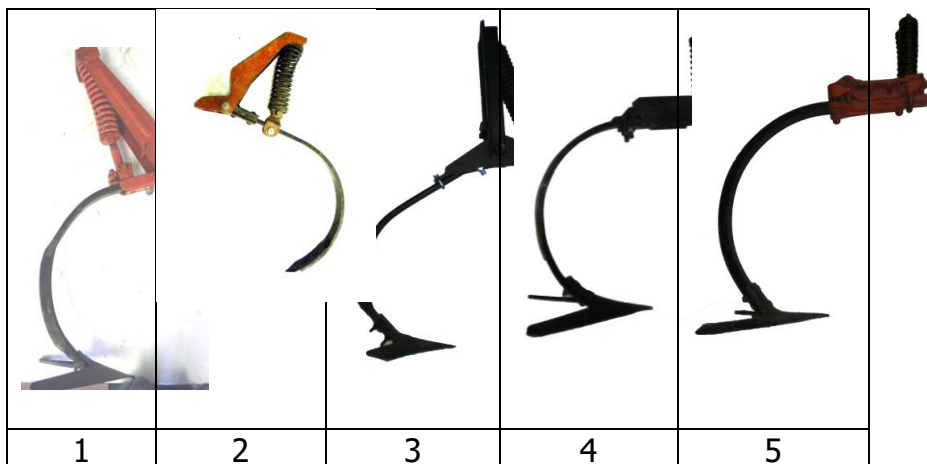


Рис.1. Предохранительные подвески № 1 - 5

### 3. Понятие о характеристиках пружинных предохранителей рабочих органов культиваторов

Для предохранения рабочих органов от разрушения при встрече с препятствием на культиваторах применяют стойки с пружинным

предохранителем. Он рассчитывается так, чтобы при превышении нагрузки происходило быстрое выглубление рабочего органа из почвы и возвращение его в исходное положение после сброса нагрузки (рис. 2).

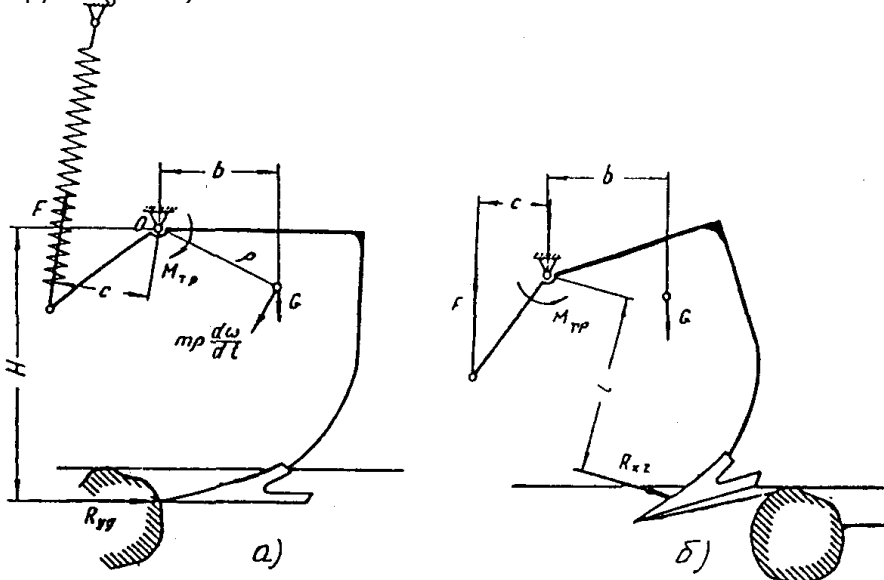


Рис. 2. Схема работы пружинного предохранителя рабочего органа

Пружинный предохранитель имеет ряд характеристик, позволяющих оценивать качество функционирования. Различают несколько характеристик:

- силовая характеристика механизма  $P=f(\alpha)$  – зависимость внешней силы  $P$  от угла поворота шарнирной стойки  $\alpha$ ; характеризует упругие свойства механизма; применяется в теории;

- кинетостатическая  $z=f(P)$  - зависимость выглубления  $z$  от внешней горизонтальной нагрузки  $P$ ; характеризует скорость и порог срабатывания ;

- кинематическая  $z=f(x)$  – траектория носка рабочего органа при возрастании нагрузки; характеризует кинематику упругих смещений механизма;

- нагрузочная характеристика  $R_n=f(\alpha)$ – изменение силы сопротивления почвы  $R_n$  возвращению рабочего органа в исходное состояние; характеризует возможность возврата лапы в исходное состояние.

Силовая, кинетостатическая и кинематическая характери-

стики связаны между собой и все они могут определяться на нагрузочном стенде. Практически это разные способы представления результатов нагружения.

Нагрузочная характеристика определяется экспериментально в полевых условиях при движении лапы в почве.

#### 4. Методика определения характеристик предохранителей на стенде

Работа предохранителя на стенде изучается при нагружении и разгрузке рабочего органа.

Нагрузочный стенд (рис. 3) представляет раму с механизмами статического нагружения.

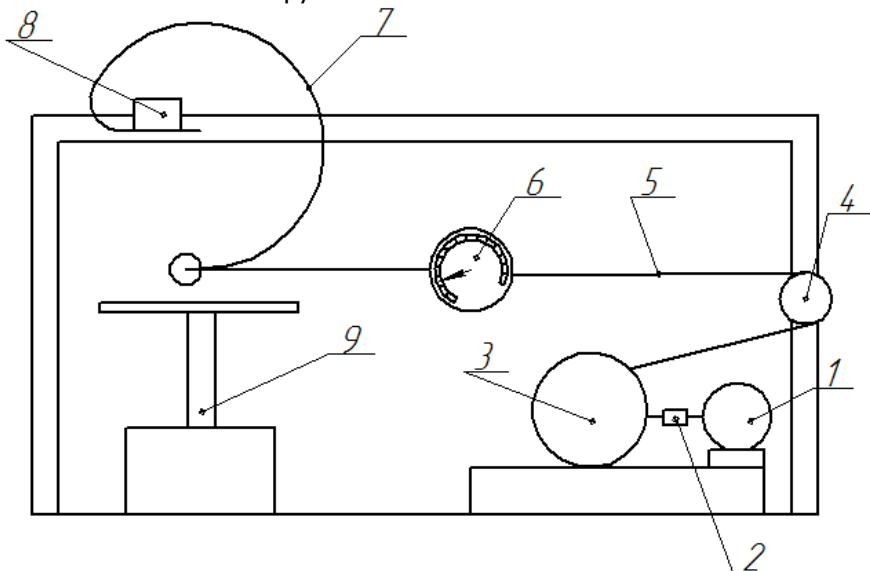


Рис. 3. Схема экспериментального стенда.

1- двигатель (мотор); 2 – муфта; 3 – редуктор; 4 – натяжной шкив;

5 – трос; 6 – динамометр; 7 – стойка; 8 – брус для крепления стойки; 9 – столик.

Для сравнимости упругих свойств в качестве нагрузки принята горизонтальная сила  $P = P_x$ . Нагрузку прилагают на носок лапы ступенями: вначале по 20 кгс, а при достижении порога срабатывания, когда рост нагрузки замедляется, значительно меньше, но так, чтобы рост смещения был заметен. Как только выглубление  $\Delta Z$  превысит глубину хода, считается, что



предохранитель сработал и можно начинать снижение нагрузки теми же ступенями.

Измерению при нагружении-разгружении подлежат смещения трёх точек: А - носка рабочего органа; В и С – крайние точки лезвий лапы. Смещения точек замеряются по двум координатам: по горизонтали Х и по вертикали Z линейкой на подставке. Значения  $X_A$ ,  $Z_A$ ,  $X_B$ ,  $Z_B$ ,  $X_C$ ,  $Z_C$  измеряют при нагружении; при разгрузке измеряют только  $Z'_A$ .

Таблица 1. Результаты измерения смещений лапы на экспериментальном стенде стойки № \_\_\_\_.

$P_H$	$Z_A$	$Z'_A$	$X_A$	$Z_B$	$X_B$	$Z_C$	$X_C$	$\Delta Z_E$	$\Delta Z_A$	$\Delta Z'_A$	$\theta$
0											

Остальные столбцы таблицы заполняют пересчётом по формулам:

$$\Delta Z_A = Z_A - Z_{A0}; \quad \Delta Z'_A = Z'_A - Z'_{A0}, \quad (1)$$

E – середина заднего обреза лапы

$$\Delta Z_E = [(Z_B - Z_{B0}) + (Z_C - Z_{C0})] / 2 \quad (2)$$

Угол поворота определяют по формуле

$$\theta_i = \arcsin[(\Delta Z_{Ai} - \Delta Z_{Ei}) / L] \quad i=1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

где L – длина лапы - расстояние между точками A и E .

### 5. Построение кинетостатической характеристики предохранителя

По результатам нагружения -- разгружения строят кинетостатическую характеристику  $z=f(P)$ , состоящую из двух ветвей: нагрузочной и разгрузочной. Из-за наличия трения они не совпадают, образуя петлю гистерезиса, которая характеризует способность предохранителя к самовозврату.

По полученной характеристике определяется:

а) рабочая нагрузка стойки  $P_p$  – то значение горизонтальной нагрузки  $P_x$ , при котором лапа находится на заданной глубине в пределах агропуска

(принять агропуск  $\pm 1$  см).

б) порог срабатывания предохранителя  $P_{cp}$  – то значение горизонтальной нагрузки, при котором носок лапы выглубляется на глубину более 1,5 агропуска;

б) запас на срабатывание стойки, равный отношению порога срабатывания к величине рабочей нагрузки  $K_{cp} = P_{cp} / P_p$ .

в) коэффициент возврата  $K_b$  – отношение силы  $P$  при разгружения к силе  $P$  при нагружения на половине глубины хода.

### Формулировка вывода по форме:

Экспериментально установлено: пружинный предохранитель стойки №\_\_ выдерживает рабочую нагрузку  $P_p = \dots$  кгс,

имеет порог срабатывания  $P_{cp} = \dots$  кгс,

запас на срабатывание стойки  $K_{cp} = \dots$ ,

коэффициент возврата  $K_b = \dots$ , что достаточно (недостаточно) для нормальной работы лапы на каменистых фонах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Игнатенко И.В., Ю.И. Ермолев. Машины для возделывания сельскохозяйственных культур / – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 374 с.
2. Игнатенко И. В. Терраупругость. Применение при разработке упругих рабочих органов культиваторов : монография. — Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2011. — 132 с.
3. Панов И.М. Исследование работы и методика проектирования пружинных предохранителей культиваторов //Тр. ВИСХОМ. - М.: Машгиз, 1962.
4. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин. - М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.