

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Инженерно-технологический институт

Кафедра технических систем в агробизнесе,  
природообустройстве и дорожном строительстве

**Кузнецов В.В.**

## **Расчёт виброборны**

Методическое пособие и рабочая тетрадь  
к практическому занятию  
по дисциплине «Сельскохозяйственные машины»  
для студентов ВУЗов очного и заочного обучения  
по направлению бакалавриат 35.03.06 «Агроинженерия»,  
профиль образовательной программы «Технические системы  
в агробизнесе»



Брянск 2018

УДК 631.313.5 (076)

ББК 40.722

К 89

Кузнецов, В. В. **Расчёт вибробороны:** методическое пособие и рабочая тетрадь / В. В. Кузнецов. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. – 14 с.

Методическое пособие в форме рабочей тетради к практическому занятию «расчёт вибробороны» по дисциплине «Сельскохозяйственные машины» для студентов ВУЗов очного и заочного обучения по направлению бакалавриат 35.03.06 «Агроинженерия», профиль образовательной программы «Технические системы в агробизнесе» помогает студенту получить практические навыки по компетенциям ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-8 рабочего плана дисциплины.

Рецензент: к.т.н., доцент С.И. Будко

*Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института от 21.02.2018 года, протокол №7.*

© Кузнецов В.В., 2018

© Брянский ГАУ, 2018

## Расчёт вибробороны

**Цель работы.** Проанализировать исходные данные, приобрести навыки построения траектории движения зуба и силового анализа вибробороны, исследовать качество её технологического процесса и методы подготовки к профессиональной эксплуатации.

### Теоретическая часть

Рабочими органами вибробороны являются обычно поперечные брусья с зубьями. Они перемещаются вперёд со скоростью  $V_m$  и совершают при этом поперечные колебания с частотой  $\omega$ . При этом брусья устанавливают последовательно в два следа и приводят в движение кривошипно-шатунным механизмом. Движения зубьев переднего и заднего брусьев синхронизированы и сдвинуты по фазе на угол  $\pi/2$ , а вся борона состоит к тому же из правой и левой секций, движение которых сдвинуто по фазе на угол  $\pi$ .

Траектория движения зуба представляет собой синусоиду и описывается системой уравнений

$$\begin{cases} X = V_m t \\ Y = R \sin \omega t \end{cases} \quad (1)$$

где  $R$ - радиус кривошипа, м.

Скорость зуба в абсолютном движении складывается из скорости поступательного перемещения и скорости поперечного колебания и выражается формулой

$$V = \sqrt{V_m + R \times \omega \times \cos \omega t}, \text{ м/с} \quad (2)$$

Реакция почвы на движущийся в ней зуб вибороты не является постоянной величиной, а меняется в зависимости от скорости  $V$  по закону

$$P = P_0 (1 + 0,2V), \text{ Н} \quad (3)$$

где  $P_0$  - тяговое сопротивление зуба традиционной бороты "зигзаг", Н.

Тяговое сопротивление зуба бороты является проекцией на продольное направление реакции почвы  $P$  и равно

$$P_x = P \times \sin \alpha, \text{ Н}, \quad (4)$$

где  $\alpha = \arcsin (V_m/V)$  - угол между касательной к траектории движения и направлением поперечного колебания, град.  
Тяговое сопротивление можно определить по формуле

$$P_x = P \times (V_m / V) \quad (5)$$

### **Практическая часть**

**Содержание работы.** Построить траекторию движения зуба вибороты, его силовые характеристики в функции угла поворота кривошипа и сравнить их с силовой характеристикой пассивного зуба бороты.

**Исходные данные.**  $R$  – радиус кривошипа привода виброборон;  $\omega$  - угловая скорость кривошипа;  $V_m$  – скорость движения агрегата. Варианты исходных данных приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные

№ п/п	$R$ , мм	$\omega$ , 1/с	$V_m$ , м/с	№ п/п	$R$ , мм	$\omega$ 1/с	$V_m$ , м/с
1	2	3	4	5	6	7	8
1	100	62	1,5	38	99	56	1,8
2	80	58	1,4	39	88	60	1,7
3	105	60	1,5	40	91	61	1,6
4	110	51	1,6	41	118	49	1,8
5	75	70	1,7	42	102	57	1,6
6	65	90	1,8	43	97	59	1,7
7	100	60	1,6	44	89	54	1,6
8	95	55	1,4	45	82	68	1,9
9	98	63	1,5	46	80	70	2,0
10	120	48	1,4	47	90	60	1,8
11	115	52	1,5	48	95	57	1,6
12	116	49	1,4	49	100	60	1,7
13	99	56	1,6	50	104	60	1,6
14	88	60	1,5	51	100	64	1,5
15	91	61	1,4	52	80	60	1,4
16	118	49	1,6	53	105	62	1,5
17	102	57	1,4	54	110	63	1,6
18	97	59	1,5	55	75	72	1,7
19	89	54	1,4	56	65	92	1,9
20	82	68	1,7	57	100	63	1,6
21	80	70	1,8	58	95	57	1,4
22	90	60	1,6	59	98	65	1,5
23	95	57	1,6	60	120	50	1,4
24	100	60	1,5	61	115	54	1,5
25	104	60	1,4	62	116	51	1,4
26	100	62	1,7	63	99	58	1,6
27	80	58	1,6	64	88	62	1,5

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
28	105	60	1,7	65	91	63	1,4
29	110	51	1,8	66	118	51	1,6
30	75	70	1,9	67	102	59	1,4
31	65	90	2,1	68	97	61	1,5
32	100	60	1,8	69	89	56	1,4
33	95	55	1,6	70	82	70	1,7
34	98	63	1,7	71	80	72	1,8
35	120	48	1,6	72	90	62	1,6
36	115	52	1,7	73	95	59	1,6

**Порядок выполнения работы**

На листе координатной бумаги в масштабе 1:2 строят траекторию движения зуба вибробороны (рисунок 1).

Для этого в системе координат  $XOY$  построят окружность радиуса  $R$ , с центром в точке  $O$  и разбивают её на 12 равных частей, начиная с оси координат.

Вычисляют подачу за один цикл колебания зуба по формуле:

$$S = \frac{2 \times \pi \times V_m}{\omega} \quad (6)$$

$S =$

Откладывают отрезок  $S$  по оси  $X$  от точки  $O$  в выбранном масштабе и делят его на 12 равных частей. Обозначают точки на окружности и на отрезке, как показано на рисунке 1.

Из точек  $1 \dots 12$  окружности проводят линии параллельные оси  $X$ , а из точек  $1' \dots 12'$  отрезка  $S$  – линии параллельно оси  $Y$ .

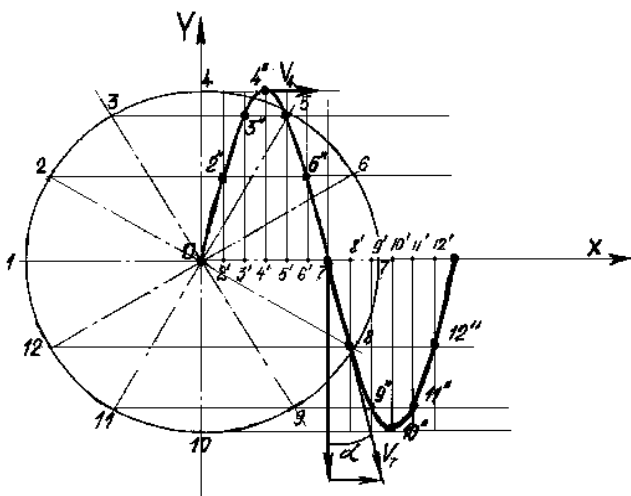


Рисунок 1 – Траектория движения зуба виборбороны

Соединив точки пересечения линий, начинающихся из одноимённых точек окружности и отрезка  $S$  плавной линией, получают траекторию движения зуба виборбороны. Точки, принадлежащие траектории, обозначают  $1'' \dots 12''$ .

Строят планы скоростей для точек  $4''$  и  $7''$ , в масштабе  $1 \text{ см} = 1 \text{ м/с}$ .

Скорость поперечного колебания зубового бруса определяют по формуле

$$V_y = R \times \omega \times \cos(\omega t) \quad (7)$$

Рассчитывают основные кинематические и силовые параметры зуба виборбороны в двенадцати точках траектории его движения, результаты сводят в таблицу 2.

*Примечание:* Значение тягового сопротивления зуба бороны  $P_0$  взять из работы по построению зубового поля бороны.  $V_1 =$

$$P_1 =$$

$$P_{x1} =$$

$$V_2 =$$

$$P_2 =$$

$$P_{x2} =$$

$$V_3 =$$

$$P_3 =$$

$$P_{x3} =$$

$$V_4 =$$

$$P_4 =$$

$$P_{x4} =$$

$$V_5 =$$

$$P_5 =$$

$$P_{x5} =$$

$$V_6 =$$



$$\mathbf{P}_6 =$$

$$\mathbf{P}_{x6} =$$

$$\mathbf{V}_7 =$$

$$\mathbf{P}_7 =$$

$$\mathbf{P}_{x7} =$$

$$\mathbf{V}_8 =$$

$$\mathbf{P}_8 =$$

$$\mathbf{P}_{x8} =$$

$$\mathbf{V}_9 =$$

$$\mathbf{P}_9 =$$

$$\mathbf{P}_{x9} =$$

$$\mathbf{V}_{10} =$$

$$\mathbf{P}_{10} =$$

$$\mathbf{P}_{x10} =$$

$$\mathbf{V}_{11} =$$

$$P_{11} =$$

$$P_{x11} =$$

$$V_{12} =$$

$$P_{12} =$$

$$P_{x12} =$$

Таблица 2 – Данные расчётов

Пара-метр	Точки траектории											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\omega^\circ$	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
$V, \text{ м/с}$												
$P, \text{ Н}$												
$P_x, \text{ Н}$												

где  $\omega^\circ = \varpi \times t$ .

По приведенным в таблице значениям построить график изменения тягового сопротивления виброборона в функции угла поворота кривошипа (рис. 2) для переднего 1 и заднего 2 брусьев, с учётом сдвига по фазе между ними, равного  $\pi/2$ .

Строят график 3 изменения суммарного значения тягового усилия, суммируя графики 1 и 2. находят среднее значение тягового усилия 4 и сопоставляют его с тяговым усилием зубовой борона с пассивными зубьями и тем же удельным сопротивлением, приходящимся на зуб. Считать, что два суммируемых зуба

вибробороны перекрывают зону действия четырёх зубьев пассивной бороны, т.е.

$$P' = 4P_0 \quad (8)$$

Проводят на графике линию, характеризующую  $P'$ . Масштаб построения по оси  $X$  -  $1\text{ см} = 30^\circ$ ; по оси  $Y$  -  $1\text{ см} = 5\text{ Н}$ .

Определяют сколько % от тягового сопротивления пассивной бороны составляет тяговое сопротивление вибробороны.

### Содержание отчёта

Отчёт должен содержать:

- наименование, цель, номер варианта и исходные данные работы;
- все предусмотренные в работе расчёты;
- приведенные на рисунках 1 и 2 построения, выполненные по исходным данным варианта на листе координатной бумаги;
- выводы.

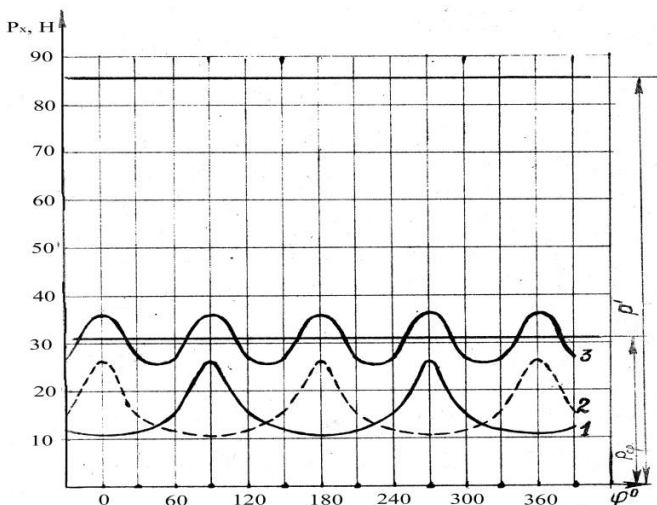


Рисунок 2 – Силовые характеристики зубьев вибробороны

## Контрольные вопросы

1. В каком положении кривошипа тяговое сопротивление зуба вибробороны является максимальным?
2. Почему среднее тяговое сопротивление зуба вибробороны меньше, чем у зуба обычной зубовой бороны?
3. Напишите формулы для определения координат положения зуба вибробороны в произвольный момент времени.
4. В каком положении кривошипа тяговое сопротивление зуба вибробороны является минимальным?
5. Почему секции вибробороны движутся в противофазах?
6. Напишите формулу для определения скорости поперечного колебания зуба вибробороны
7. По какой траектории движутся зубья вибробороны?
8. По какому закону меняется реакция почвы на движущийся в ней зуб вибробороны?

## Список литературы

1. Кленин Н.И., Киселев С.Н. Сельскохозяйственные машины: учеб. для вузов. М.: КолосС, 2008.
2. Гаврилов К.Л. Тракторы и сельскохозяйственные машины иностранного и отечественного производства: устройство, диагностика и ремонт: учеб. пособие. Пермь: Звезда, 2010.
3. Халанский В.М., Горбачёв И.В. Сельскохозяйственные машины: учеб. для вузов. СПб.: ООО Квадро, 2014.
4. Сельскохозяйственные машины. Технологические расчеты в примерах и задачах: учеб. пособие для вузов. СПб.: Проспект Науки, 2011.
5. Кузнецов В.В. Сельскохозяйственные машины. Сборник задач и тестов: учебное пособие. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. 100 с.
6. Кузнецов В.В. Сельскохозяйственные машины. Сборник лекций по дисциплине: методическое пособие. Ч. 1. Брянск: Изд.-во Брянский ГАУ, 2018. 145 с.

Вариант \_\_\_\_\_

Работу выполнил:  
студент группы \_\_\_\_\_

Работу принял:

Дата \_\_\_\_\_

Учебное издание

Владимир Васильевич Кузнецов

**Расчёт вибробороны**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ  
И РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ**

Редактор Лебедева Е.М.

---

Подписано к печати 26.03.2018 г. Формат 60x84. 1/16.

Бумага печатная Усл.п.л. 0,81. Тираж 25 экз. Изд. № 5608.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ