

4. Вибрирующая пальчатая вилка, авторское свидетельство СССР, кл. 45f, 19/08, № 203369, 18.07.1966.

5. Смирнов И.Г., Хорт Д.О., Утков Ю.А., Ценч Ю.С., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И. Этапы создания смородиноуборочных машин в России // История науки и техники. – 2020. – № 1. – С. 3-17. – DOI: 10.25791/intstg.01.2020.1124.

6. Утков Ю.А., Сорокопудов В.Н., Медведев С.М. Механизированный сбор ягод смородины черной в России и новые подходы к оценке пригодности сортов к машинному воздействию // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 7. – С. 139–144.

7. Филиппов Р.А., Хорт Д.О. Развитие технических средств для сбора ягод земляники // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 111. – № 1. – С. 58-61.

8. Utkov Yu.A. An effective assistant in manual harvesting of currant' berries: history and prospects // Journal of Agriculture and Environment. – 2 (10). – 2019. – DOI: <https://doi.org/10.23649/jae.2019.2.10.5>.

Summary. A review and analysis of technical means for mechanized harvesting of berries from shrubs, including brushing devices, pneumatic devices, and the most common mechanical vibrators, has been performed. The stages of development of foreign and domestic designs have been considered. The main current trends in improving vibration technology have been formulated: modularity, intelligent adaptation of operating modes to the crop, and reducing the vibration load on the operator.

УДК 631.312

Мисуно О.И., кандидат технических наук, доцент;

Зорин Г.А., студент

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ОЦЕНКА ЖЕСТКОСТИ СТОЙКИ ЛАПЫ КУЛЬТИВАТОРА

Аннотация. В статье рассмотрено определение вертикального перемещения носка стойки лапы культиватора, необходимого для оценки ее жесткости.

Abstract. The article discusses the determination of the vertical displacement of the toe of the cultivator paw stand, which is necessary for assessing its rigidity.

Ключевые слова. Стойка лапы культиватора, кривой брус, изгибающий момент, сила, жесткость, интегралы Максвелла – Мора, вертикальное перемещение.

Key words. Cultivator paw shank, curved beam, bending moment, force, stiffness, Maxwell-Mohr integrals, vertical displacement.

В современном земледелии качество обработки почвы напрямую зависит от состояния и конструкции рабочих органов культиватора. Одной из ключевых деталей является стойка лапы культиватора – элемент, который отвечает за надёжную фиксацию лапы, воспринимает нагрузку при движении по полю и определяет глубину и равномерность обработки. В настоящее время конструкция культиваторов стала намного

проще и надежней в результате применения S-образных стоек, в которых нет шарниров и дополнительных пружин.

Однако, S-образные стойки, легко смещаются в сторону, в результате чего лапы обходят крупный сорняк, оставляя огрехи. Кроме того, лапа на S-образной стойке под нагрузкой отходит назад и поворачивается. Таким образом, расстояние от носка лапы и от края лапы до поверхности поля меняются. В результате получается неровное дно, нарушаются агротехнические требования к предпосевной обработке почвы (отклонение глубины обработки от заданной более 1 см). Этот эффект тем больше чем больше ширина захвата одной лапы.

Поэтому стойка лапы культиватора должна быть не только прочной, износостойкой, но и иметь требуемую жесткость. Оценку жесткости стойки лапы культиватора можно произвести по величине вертикального перемещения ее носка под нагрузкой.

Расчетная схема S-образной стойки лапы культиватора сводится к плоскому кривому брусу с радиусами кривизны в верхней части R_1 , в нижней – R_2 , испытывающему в основном изгиб, вызванный силой F (рисунок 1, а).

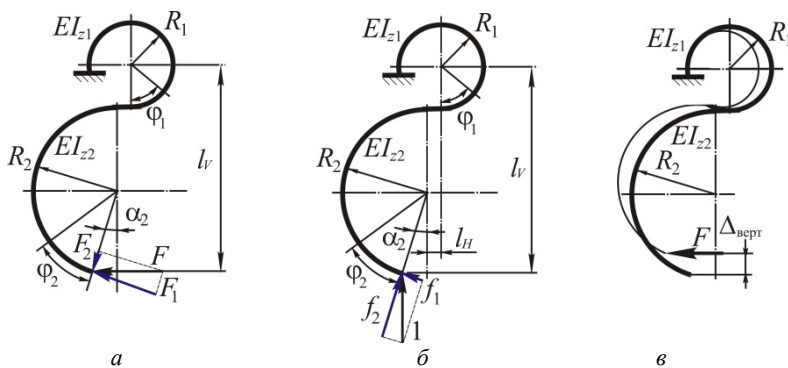


Рисунок 1– Расчетные схемы S-образной стойки культиватора:

а – размеры и схема нагружения внешней силой;

б – схема нагружения единичной безразмерной силой;

в – вертикальное перемещение

Для определения вертикального перемещения в плоском кривом брусе воспользуемся интегралами Максвелла – Мора [1]:

$$\Delta_{1F} = \sum_{i=1}^n \int_{S_i} \frac{M_{Fi} M_{1i}}{EI_{zi}} dS_i, \quad (1)$$

где Δ_{1F} – перемещение в упругой системе по направлению единичной безразмерной силы, вызванное действием всех внешних сил;

M_{Fi} – уравнение изгибающего момента от внешней нагрузки для i -того участка стойки;

M_{li} – уравнение изгибающего момента от единичной безразмерной силы для i -того участка стойки;

E – модуль упругости материала стойки;

I_{zi} – момент инерции сечения стойки для i -того участка;

S_i – длина дуги на i -том участке стойки.

На стойке выделяем два расчетных участка: $0 \leq \varphi_1 \leq 3\pi/2$, радиус кривизны оси R_1 , жесткость поперечного сечения EI_{z1} ; $0 \leq \varphi_2 \leq \pi$, радиус кривизны оси R_2 , жесткость поперечного сечения EI_{z2} .

Проводим сечение под углом φ_1 (рисунок 1, а) и запишем уравнение изгибающего момента от внешней силы F , которая вызывает на первом участке в начальном сечении продольную силу N и пару сил с моментом M :

$$N = F; \quad M = F(l_V - R_1).$$

Тогда уравнение изгибающего момента от внешней силы представится выражением:

$$M_{F1} = FR_1(1 - \cos \varphi_1) + F(l_V - R_1) = F(R_1(1 - \cos \varphi_1) + l_V - R_1).$$

В сечении стойки, перемещение которого предстоит найти, по его направлению прикладывается единичная безразмерная сила (рисунок 1, б), которая вызывает на первом участке в начальном сечении поперечную силу Q_1 и пару сил с моментом M_1 :

$$Q_1 = 1; \quad M_1 = 1 \cdot (R_2 \sin \alpha_2 + l_H).$$

Тогда уравнение изгибающего момента от единичной безразмерной силы примет вид:

$$M_{11} = R_2 \sin \alpha_2 + l_H + R_1 \sin \varphi_1.$$

Проводим сечение под углом φ_2 (рисунок 1, б) и запишем уравнение изгибающего момента от внешней силы F , которую представим в виде двух составляющих:

$$F_1 = F \cos \alpha_2; \quad F_2 = F \sin \alpha_2;$$

$$M_{F2} = F_1 R_2(1 - \cos \varphi_2) + F_2 R_2 \sin \varphi_2 = FR_2(\cos \alpha_2(1 - \cos \varphi_2) + \sin \alpha_2 \sin \varphi_2).$$

Уравнение изгибающего момента от единичной безразмерной силы, представленной в виде двух составляющих, примет вид:

$$f_1 = 1 \cdot \sin \alpha_2; \quad f_2 = 1 \cdot \cos \alpha_2;$$

$$M_{12} = f_1 R_2(1 - \cos \varphi_2) - f_2 R_2 \sin \varphi_2 = R_2(\sin \alpha_2(1 - \cos \varphi_2) - \cos \alpha_2 \sin \varphi_2).$$

Подставляя полученные выражения $M_{F1}, M_{11}, M_{F2}, M_{12}$, в формулу перемещений (1) и, учитывая, что $dS_i = R_i d\varphi_i$ будем иметь выражение, со-

держашее интегралы Максвелла – Мора, для определения вертикального перемещения носка стойки лапы культиватора

$$\Delta_{\text{верт}} = \int_0^{3\pi/2} \frac{F(R_1(1 - \cos \varphi_1) + l_V - R_1)(R_2 \sin \alpha_2 + l_H + R_1 \sin \varphi_1)}{EI_{z1}} R_1 d\varphi_1 + \\ + \int_0^{\pi} \frac{FR_2(\cos \alpha_2(1 - \cos \varphi_2) + \sin \alpha_2 \sin \varphi_2)}{EI_{z2}} \times \\ \times R_2(\sin \alpha_2(1 - \cos \varphi_2) - \cos \alpha_2 \sin \varphi_2) R_2 d\varphi_2. \quad (2)$$

После интегрирования выражения (2) и подстановки пределов интегрирования соответствующих границам двух расчетных участков получим выражение для определения вертикального перемещения носка стойки лапы культиватора (рисунок 1, в)

$$\Delta_{\text{верт}} = \frac{FR_1^2 \left(R_2 \sin \alpha_2 - 0,5R_1 - \frac{R_2}{R_1} l_V \sin \alpha_2 + l_V + l_H \right)}{EI_{z1}} - \frac{2FR_2^3 \cos 2\alpha_2}{EI_{z2}}. \quad (3)$$

Как видно из выражения (3), вертикальное перемещение носка стойки лапы культиватора возрастает с увеличением нагрузки и размеров, уменьшается, прежде всего, при увеличении осевых моментов инерции поперечных сечений стойки, которые, как известно, зависят от формы и размеров этих сечений. Жесткость стойки лапы культиватора будет обеспечена при условии, что величина полученного перемещения не превышает допустимого значения, установленного агротехникой.

Список использованной литературы

1. Подскребко М.Д. Сопротивление материалов: учебник / М. Д. Подскребко. – Минск: Выш. шк., 2007, – 797 с.: ил.

Summary. An expression for determining the vertical displacement of the toe of the cultivator paw stand is obtained, which can be used to evaluate its rigidity.

УДК 631.312

Мисуно О.И., кандидат технических наук, доцент

Зорин Г.А., студент

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ МАЛОЛИСТОВОЙ РЕССОРЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОРПУСА ПЛУГА

Аннотация. В статье рассмотрен расчет размеров малолистовой рессоры для защиты корпуса плуга, спроектированной как балка равного сопротивления, и определен режим ее работы.