

ИЗГИБ КОРНЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РАБОЧЕГО ОРГАНА КОРЧЕВАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Ярослав Коваль

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
Украина, г. Киев, ул. Героев Оборона, 15*

Yaroslav Koval

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Heroiv Oborony Str., 15, Kiev, Ukraine*

Аннотация. В статье предлагается метод расчета изгибов жестко прикрепленного к пню корня, который лежит на сплошном, упругом основании, под действием рабочего органа корчевательной техники. Подано графики зависимости изгиба корня от его диаметра, силы и места воздействия рабочего органа корчевательной техники.

Ключевые слова: изгиб корня, рабочий орган корчевателя, сила воздействия, коэффициент пропорциональности.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Наиболее значимыми свойствами древесины при проектировании рабочих органов корчевательной техники, являются ее физико-механические свойства. В процессе разрушения древесных корней в почве, под воздействием на них корчевательной техники, возникает необходимость изучения взаимодействия корней различных диаметров с рабочими органами корчевательной техники. Это необходимо для прогнозирования режимов работы последней. Проводимые теоретические и экспериментальные исследования по сопротивлению корчевки корней деревьев, изучают усилия которые необходимы для разрушения корней и их связей с почвой. В их рамках определяются усилия, которыми действуют в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также в обеих плоскостях одновременно (комбинированное усилие). Однако сегодня отсутствуют данные об исследованиях которые определяют зависимость изгиба корня, прикрепленного к пню, находящегося в почве, от точки приложения силы воздействия, свойств почвы и материала корня.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является определение зависимостей изгиба корня который жестко

прикреплен к пню и находится в почве, от места приложения силы воздействия, свойств почвы и свойств корневой древесины.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Корень, который ответвляется от пня, жестко к нему прикреплен и лежит на почвенном основании. В этом случае при воздействии на него лапой корчевателя, задача может рассматриваться как воздействие консолидированной силы на консольную балку, которая находится на упругом основании.

При решении задачи используем следующие допущения и упрощения:

- изгиб рассматривается в пределах упругих деформаций;
- корень имеет постоянный диаметр в пределах рассматриваемого участка;
- коэффициент сопротивления почвы пропорционален величине поперечного смещения;
- изгиб происходит в плоскости в которой действует сила

Схема такого взаимодействия может быть формализована как задача про изгиб консолидированной силой жестко закрепленной балки, которая лежит на упругом основании рис. 1.

На расстоянии a , от точки крепления балки, действует консолидированная сила P создаваемая рабочим органом корчевателя. Основание (почва), на котором находится балка, создает сопротивление пропорциональное перемещению $z(x)$ с коэффициентом пропорциональности для плоской постановки задачи:

$$k = \frac{E_s}{1-\nu^2},$$

где: E_s - модуль упругости линейных деформаций почвы;

ν - коэффициент Пуассона для почвы.

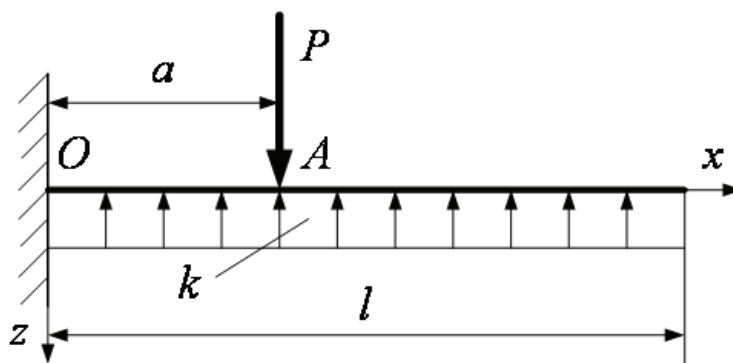


Рис. 1. Схема взаимодействия рабочего органа корчевателя с корнем

Fig. 1. Diagram of working body interaction with root stump

Жесткость изгиба корня, при условии неизменного по длине диаметра, имеет вид:

$$D = \frac{\pi d_k^3}{32} E_k$$

где: E_k - модуль упругости линейных деформаций корня;

d_k - диаметр корня.

Уравнение равновесия балки в общем виде:

$$D z''''(x) + k z(x) = 0. \quad (1)$$

При введении обозначения $G = \sqrt[4]{\frac{k}{4D}}$

уравнение (1) примет вид:

$$z''''(x) + z(x) 4G^4 = 0. \quad (2)$$

Решение данного уравнения можно представить в следующем виде:

для случая $-\infty < x < \infty$

$$z = e^{(-1)^{3/4} \sqrt{2G} x} C_1 + e^{(-1)^{1/4} \sqrt{2G} x} C_2 + e^{(-1)^{3/4} \sqrt{2G} x} C_3 + e^{(-1)^{1/4} \sqrt{2G} x} C_4. \quad (3)$$

для случая $0 \leq x$:

$$z = \cosh(Gx) \cos(Gx) C_1 + \cosh(Gx) \sin(Gx) C_2 + \sinh(Gx) \cos(Gx) C_3 + \sinh(Gx) \sin(Gx) C_4. \quad (4)$$

В случае консольной балки, применяем решение (4).

Постоянные интегрирования, которые входят в уравнение (4) могут быть определены из граничных условий.

Первым граничным условием является перемещение в т. O, которое равно нулю.

При $x = 0$

$$\cosh(0) \cos(0) C_1 + \cosh(0) \sin(0) C_2 + \sinh(0) \cos(0) C_3 + \sinh(0) \sin(0) C_4 = 0$$

Откуда: $C_1 = 0$. Тогда уравнение (4) примет вид:

$$z = \cosh(Gx) \sin(Gx) C_2 + \sinh(Gx) \cos(Gx) C_3 + \sinh(Gx) \sin(Gx) C_4. \quad (5)$$

Поворот сечения в точке крепления балки отсутствует, то есть:

$$\left. \frac{dz}{dx} \right|_{x=0} = 0.$$

Производная уравнения (5):

$$\frac{dz}{dx} = G \left(\cosh(Gx) \left((C_2 + C_3) \cos(Gx) + C_4 \sin(Gx) \right) + C_4 \cos(Gx) + (C_2 - C_3) \sin(Gx) \sinh(Gx) \right).$$

При $x = 0$: $\left. \frac{dz}{dx} \right|_{x=0} = GC_2 + GC_3 = 0$ откуда $C_2 = -C_3$.

Тогда выражение (5) примет вид:

$$z = -C_3 \cosh(Gx) \sin(Gx) + C_3 \cos(Gx) \sinh(Gx) + C_4 \sin(Gx) \sinh(Gx). \quad (6)$$

Изгибающий момент в точке воздействия консолидированной силы должен равняться 0, так как распределенное сопротивление основания следует рассматривать как реакцию.

То есть фиктивный момент в точке A:

$$\left. \frac{d^2 z}{dx^2} \right|_{x=a} = 0$$

Второй дифференциал выражения (5) имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 z}{dx^2} = & 2G^2 C_4 \cos(Gx) \cdot \\ & \cdot \operatorname{Cosh}(Gx) - \\ & - 2G^2 C_3 \operatorname{Cosh}(Gx) \sin(Gx) - \\ & - 2G^2 C_3 \cos(Gx) \operatorname{Sinh}(Gx) \end{aligned} \quad (7)$$

Приравнявая выражение (7) при $x = a$ позволяет определить значение третьей постоянной интегрирования:

$$C_3 = \frac{C_4 \cos(aG) \operatorname{cosh}(aG)}{\operatorname{cosh}(aG) \sin(aG) + \cos(aG) \operatorname{sinh}(aG)}$$

С учетом C_3 выражение (6) примет вид:

$$z = \frac{\left(\begin{aligned} & C_4 (\cos(aG) \sin(Gx) \operatorname{sinh}(Gx) \cdot \\ & \cdot (aG) \operatorname{sinh}(Gx) + \\ & + \operatorname{cosh}(aG) \cdot \\ & \left(\begin{aligned} & -\cos(aG) \cdot \\ & \cdot \operatorname{cosh}(Gx) \sin(Gx) + \\ & + \cos(G(a-x)) \operatorname{sinh}(Gx) \end{aligned} \right) \end{aligned} \right)}{\operatorname{cosh}(aG) \sin(aG) + \cos(aG) \operatorname{sinh}(aG)} \quad (8)$$

Четвертую постоянную интегрирования можно определить с условия, что фиктивный момент в начальном сечении (точке крепления), известен и равен:

$$M_0 = \frac{Pa}{D}$$

Приравнявая вторую производную от выражения (8) к этому фиктивному моменту, можно получить четвертую постоянную C_4 :

$$C_4 = \frac{aP}{2DG^2}$$

С учетом всех четырех определенных постоянных интегрирования, изгиб корня выразится зависимостью:

$$ZK = \frac{(1+i)a\sqrt{\frac{k}{d}} \cdot \left(\begin{aligned} & \cos(aA) \sin(Ax) \cdot \\ & \cdot \operatorname{sinh}(aA) + \sin(Ax) + \\ & + \operatorname{cosh}(aA) \cdot \\ & \left(\begin{aligned} & -\cos(aA) \operatorname{cosh}(Ax) \cdot \\ & \cdot \sin(Ax) + \\ & + \cos(Aa - Ax) \sin(Ax) \end{aligned} \right) \end{aligned} \right)}{k \left(\begin{aligned} & \sin((1+i)Aa) + \\ & + \operatorname{sinh}((1+i)Aa) \end{aligned} \right)}$$

В которой:

$$A = \frac{\left(\frac{k}{d} \right)^{\frac{1}{4}}}{\sqrt{2}}$$

Данная зависимость дает возможность построить графики показывающие соотношение между величиной изгиба корня ZK , силой воздействия рабочего органа корчевателя P и расстоянием от пня до места воздействия рабочим органом на корень x .

ВЫВОД

В результате исследований определена аналитическая зависимость изгиба жестко закрепленного консольного корня, который находится на упругом основании. Данная зависимость может быть использована как для определения места возникновения максимальных моментов, так и максимальных поперечных сил, которые действуют месте воздействия рабочего органа корчевателя. Данная зависимость является основой для сравнительного анализа с динамическими нагрузками, а также для решения задачи о колебаниях корня при динамическом воздействии рабочего органа корчевательной техники, потому как эта зависимость входит в решение уравнения колебаний при аналогических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abdullayev U.R. 1991: Kolebaniya plit na uprugoy poluploskosti s uchetom sil treniya po kontaktu./ Abdullayev U.R. Manazhanov B.R. Tashkent FAI – 113.
2. Belyankin F.P. 1969: Prochnost i deformativnost derevyannykh sterzhney pri kru-

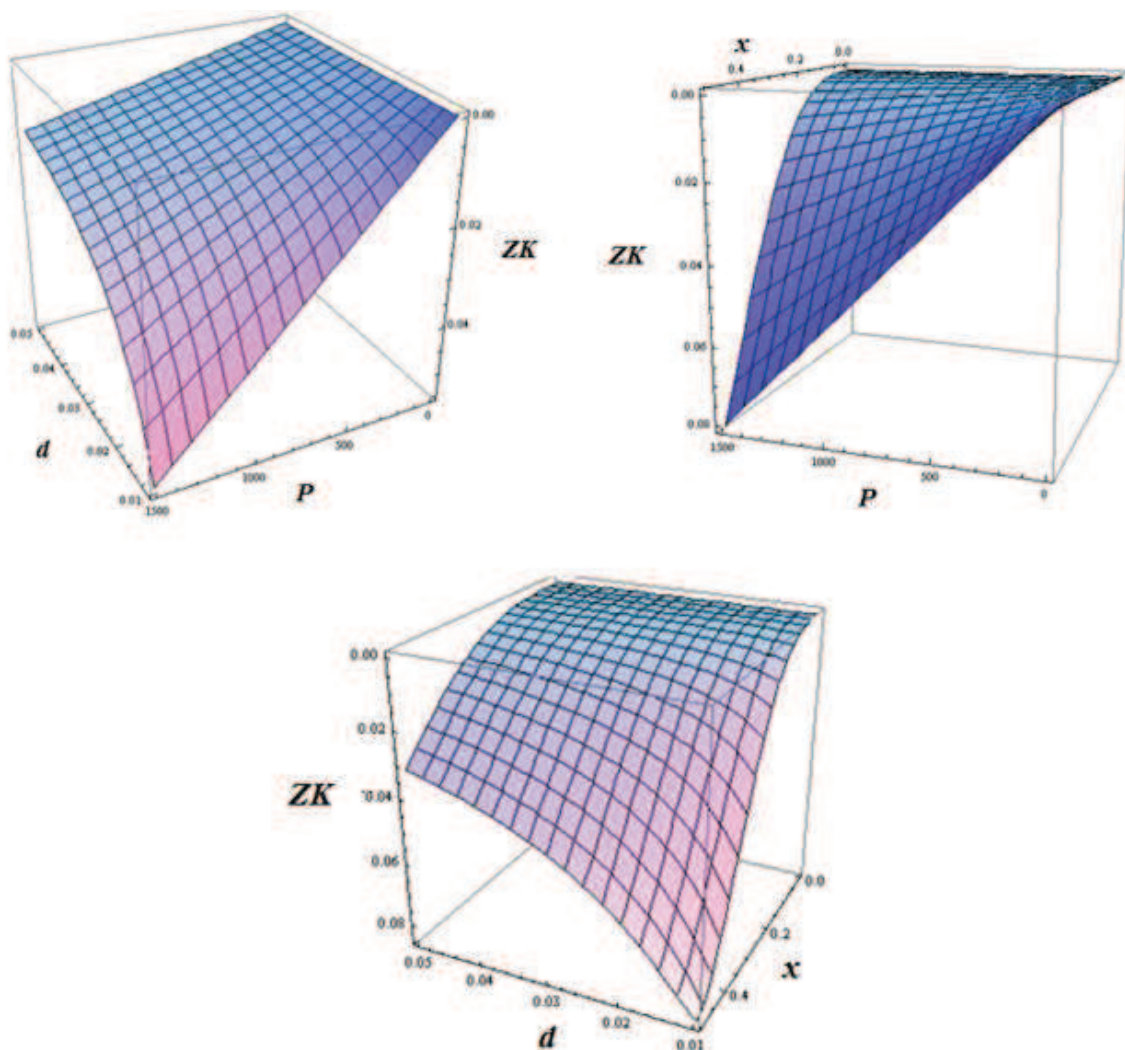


Рис. 2. Зависимость величины изгиба корня находящегося в почве от силы воздействия рабочего органа корчевателя P , диаметра корня d , и расстояния между точкой крепления корня к пню и точкой приложения силы рабочим органом x .

Fig. 2. Dependence of bending of root in soil of force of impact of working body Rooter P , root diameter d , and the distance between point of attachment to root of stump and point of force application's working body x .

chenii./ Belyankin F.P.– K.: Izd-vo akad. nauk. – 96.

3. Biger I.A. 1968: Prochnost uprugost kolebaniya/ Biger I.A., Panovko D.G.– M.: Mashinostroyeniye. – t.3. – 586.

4. Vinokurov V.N. 1996: Prochnostnyye svoystva kornevoy drevesiny// Vinokurov V.N., Shekel A. I., Demkin V.E. / Nauchnyye trudy 2-go mezhdunarodnogo simpoziuma «Stroyeniye, svoystva i kachestvo drevesiny». – M.: MGUL, 186.

5. Glebov I. 2001: Rezaniye drevesiny/Glebov I. UGLTU, 164.

6. Egipko S.V. 2005: Analiz sil deystvuyushchikh na pni pri ikh vykorchevyvanii// Yegip-

ko S.V., Mikheyev A.V. /Voprosy melioratsii/Rosselkhoz i FGNU TsNTI «Melioin-form». - Vyp 3-4. 34-36.

7. Kornev B.G. 1955: Nekotoryye zadachi dinamiki balok na uprugom osnovanii// Kornev B.G./Nauchnoye soobshch./ Vyp. 20. M.: Gos. izd. po stroitelstvu i arkhitekture. – 155.

8. Korobovskiy A. 2005: Rezaniye drevesiny./ Korobovskiy A. Raschet sily i moshchnosti rezaniya. AGTU, 200.

9. Pisarenko G.S. 1988: Spravochnik po soprotivleniyu materialov./ Pisarenko G.S., Yakovlev A.P., Matveyev V.V. – K.: Naukova dumka. – 736.

10. Sargisyan A.E. 2002: Soprotivleniye materialov, teorii uprugosti i plastichnosti/ Sargisyan A.E. M.: Vysshaya shkola. 286.
11. Sapunov V.T. 2004: Klassicheskiy kurs soprotivleniya materialov v resheniyakh zadach/ Sapunov V.T. M.: - 160.
12. Semin M.I. 2005: Osnovy soprotivleniya materilov / Semin M.I M. Vlados. - 256.
13. Skopinskiy V.N. 2002: Soprotivleniye materiallov / Skopinskiy V.N., Zakharov A.A. – M.: MGIU. – 171.
14. Timoshenko S.P. 1972: Kurs teorii uprugosti./ Timoshenko S.P. – K.: Naukova dumka. – 507.
15. Shinkarenko A.A. 2009: Soprotivleniye materialov / Shinkarenko A.A., Kire-
16. eva A.I. M.: Feniks. 272.
17. Volodymyr Kovbasa. 2011: Fizichni rivnyannya deformuvannya gruntu z suttevim pro-yavom v'yazkoplastichnikh vlastivostey./ Volodymyr Kovbasa, Oleksandr Gutsol, Vitaliy Kurka. Motrol, 13B, 145–155.
18. Koch Peter. 2011: Machine for row-mulching logging slash to enechance site a cjn-cept Transactions of the ASAE voll. 20 №11.
19. McKenzie W.M. 1997: Effect of Edge Bluntness in the cutting of wood/Forest Products journal. №. 444 – 45.
20. McKenzie W.M. Ouling R.L. 2001: A factorial experiment in transverse-plane (90/90) cutting of wood Part I/Cutting force and edge wear. – Wood Scienet/ v.3, №4 - 44-50.
21. Nahajama T. 2001: Analysis of transitional cutting process. Ingenieursblad. 40 №4. – 102–104.

ROOT BENDING UNDER INFLUENCE OF WORKING BODY OF SPECIALIZED EQUIPMENT

Summary. In paper method of calculation of deflections of roots, under the influence of specialized equipment is developed. Schedules of bend of root, depending on its characteristics are shown.

Key words: root bend, working fragment of search, influence force, proportionality coefficient.