

УДК 631.3.022

АНАЛИЗ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕЗВИЯ НОЖА ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО БАРАБАНА КВК-800

П. Е. Родзевич, И. Д. Говор

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Измельчение растительной массы измельчающим барабаном является энергоёмким процессом и проходит при высоких окружных скоростях движения ножа. Ножи измельчающего барабана являются наиболее нагруженными и подверженными интенсивному изнашиванию со стороны растительной массы, подпрессованной питающим аппаратом измельчителя.

Схема распределения усилия, действующего на нож измельчающего барабана комбайна КВК-800, представлена на рис. 1.

При резании ножом растительной массы со стороны противорежущего бруса возникает опорная реакция F_p , равная критической силе резания $P_{кр}$. Схема приложения силы сопротивления F_p с учетом углов расположения ножа относительно вертикали приведена на рис. 1.

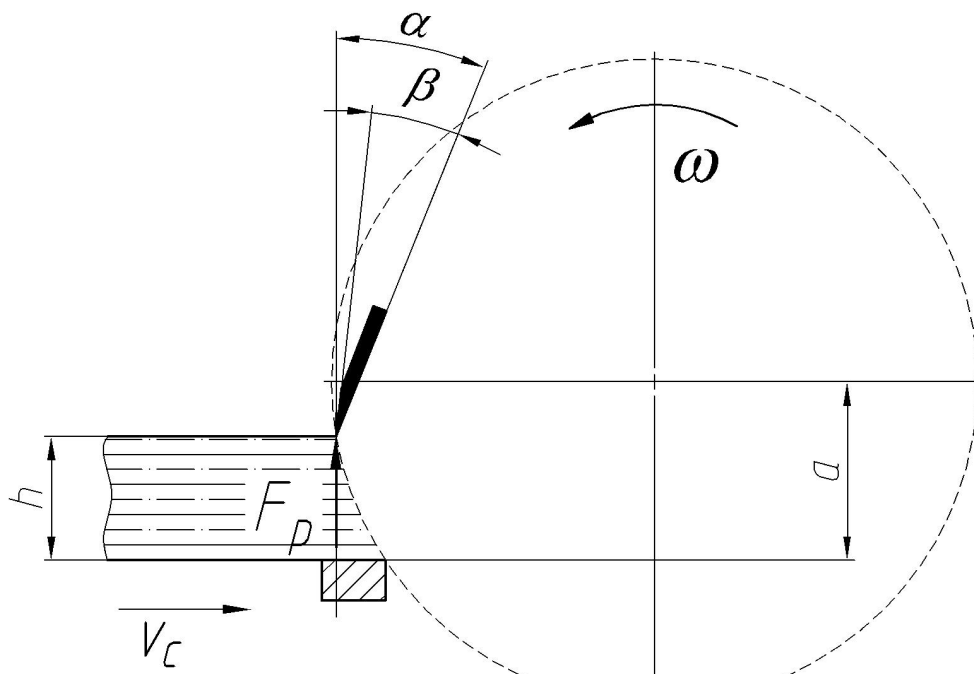


Рис. 1 – Схема установки ножа и приложения силы резания: h – высота слоя массы; a – расстояние от оси барабана до противорежущего бруса; ω – угловая скорость вращения барабана; V_c – линейная скорость движения растительной массы

Условно можно принять расположение противорежущего бруса горизонтально, тогда сила сопротивления F_p будет действовать вертикально вверх, образуя с плоскостью ножа угол α . С учетом особенности установки ножа в плоскости резания сила сопротивления должна быть учтена как распределенная по всей длине l ножа.

Для анализа деформированного состояния ножа в процессе резания силу сопротивления F_p можно разложить в виде (рис. 2):

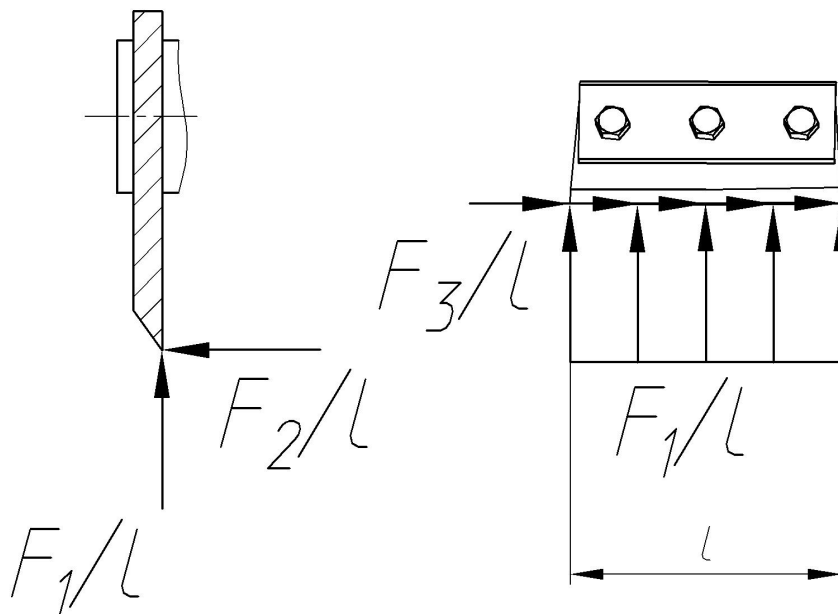


Рис. 2 – Схема приложения составляющих силы F_p к ножу

С учетом углов установки α и угла скольжения или защемления τ (наклон лезвия в плоскости резания), составляющие силы сопротивления можно определить следующими выражениями:

$$F_1 = F_p \cos \alpha \cos \tau, \quad F_2 = F_p \sin \alpha, \quad F_3 = F_p \cos \alpha \sin \tau.$$

Для анализа деформированного состояния ножа принималось следующее: угол заточки ножа $\beta = 33^\circ$, толщину лезвия $\delta = 0,2$ мм (согласно техническим требованиям к ножу измельчающего барабана КВК-800).

Критическая сила резания $P_{кр}$, необходимая для того, чтобы под действием лезвия растительная масса начала разделяться на части, определяется выражением [1]:

$$P_{кр} = \delta \sigma_p + \frac{E}{2} \frac{H_{сж}^2}{H} \left[\operatorname{tg} \beta + f \sin^2 \beta + \mu (f + \cos^2 \beta) \right].$$

В полученное выражение входят конструктивные параметры лезвия ножа: острота δ и угол заточки β , и кинематические параметры слоя растительной массы, подаваемого вальцами питающего аппарата: толщина H перерезаемого слоя и толщина $H_{сж}$ слоя, сжатого лезвием перед

моментом начала резания, а также ряд физико-механических параметров: модуль упругости материала E , коэффициент трения материала лезвие ножа f , разрушающее контактное напряжение на кромке лезвия σ_p .

Расчеты критической силы в зависимости от остроты δ лезвия толщина $H_{сж}$ для угла заточки ножа $\beta = 33^\circ$ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Критическая сила резания при угле заточки $\beta = 33^\circ$

1.1. $H_{сж}$, 1.2. мм	1.3. $P_{кр}$, Н			
	1.4. $\delta = 0,2$ мм	1.5. $\delta = 0,3$ мм	1.6. $\delta = 0,4$ мм	1.7. $\delta = 0,5$ мм
1.8. 1	1.9. 794,5	1.10. 1181	1.11. 1567	1.12. 1953
1.13. 2	1.14. 862, 3	1.15. 1248	1.16. 1634	1.17. 2020
1.18. 3	1.19. 975, 2	1.20. 1361	1.21. 1747	1.22. 2133
1.23. 4	1.24. 1133	1.25. 1519	1.26. 1905	1.27. 2291
1.28. 5	1.29. 1337	1.30. 1723	1.31. 2109	1.32. 2495
1.33. 6	1.34. 1585	1.35. 1971	1.36. 2357	1.37. 2743
1.38. 7	1.39. 1879	1.40. 2265	1.41. 2651	1.42. 3037
1.43. 8	1.44. 2217	1.45. 2603	1.46. 2989	1.47. 3375
1.48. 9	1.49. 2601	1.50. 2987	1.51. 3373	1.52. 3759
1.53. 10	1.54. 3030	1.55. 3416	1.56. 3802	1.57. 4188
1.58. 11	1.59. 3505	1.60. 3891	1.61. 4277	1.62. 4663
1.63. 12	1.64. 4024	1.65. 4410	1.66. 4796	1.67. 5182
1.68. 13	1.69. 4588	1.70. 4974	1.71. 5360	1.72. 5743
1.73. 14	1.74. 5198	1.75. 5584	1.76. 5970	1.77. 6356
1.78. 15	1.79. 5853	1.80. 6239	1.81. 6625	1.82. 7011

Принимаем средние показатели для расчета: толщина сжатого слоя $H_{сж} = 10$ мм и расчетная сила сопротивления $F_p = 3030$ Н.

Приняв угол $\alpha = 20^\circ$ и $\alpha = 36^\circ$ и угол защемления (скольжения) $\tau = 8^\circ$ определим перемещения точек лезвия ножа по его рабочей длине. Конечно-элементная модель представлена на рис. 3 [2].

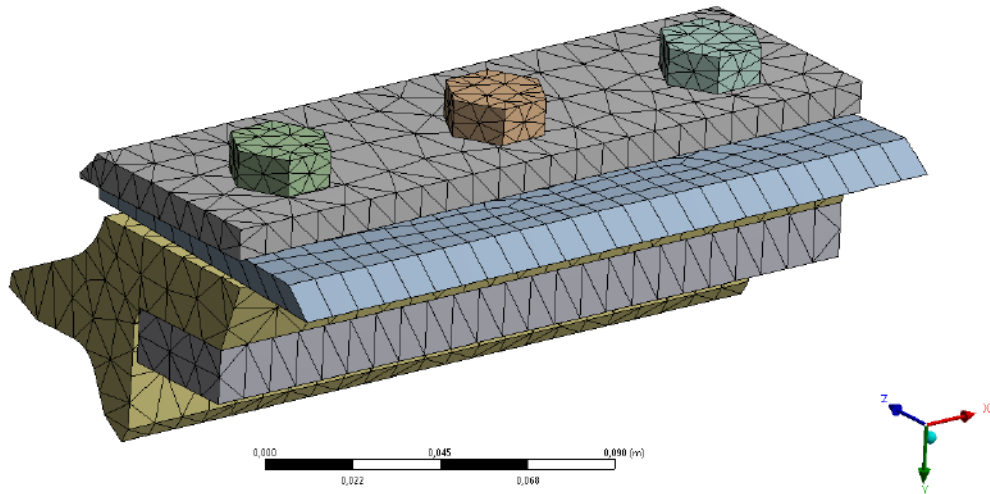
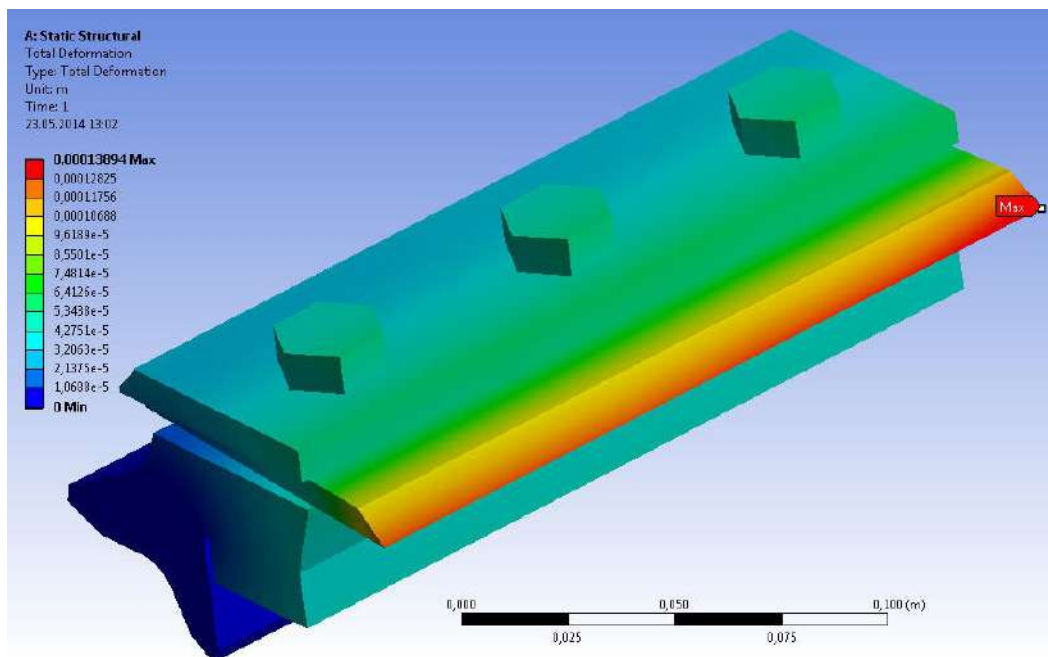
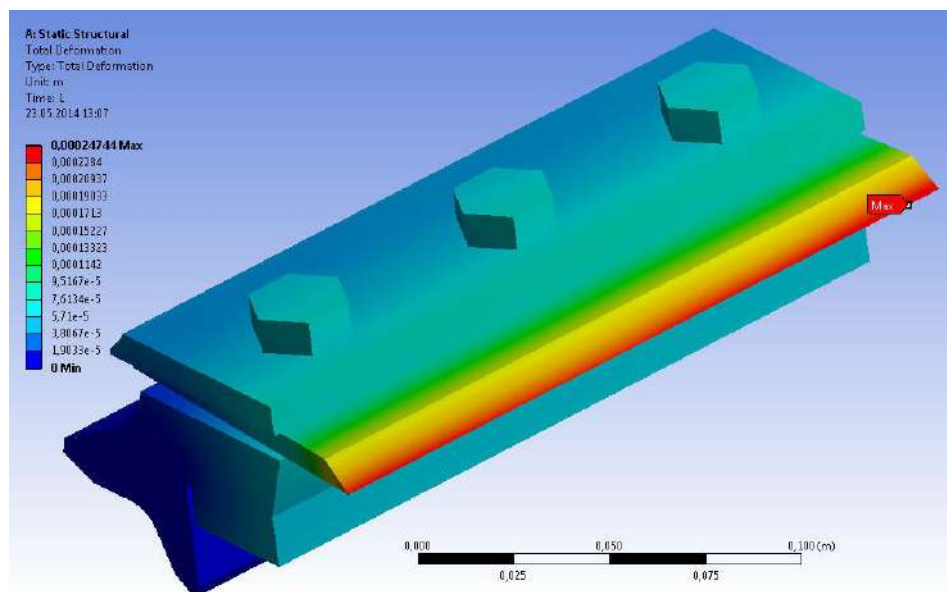


Рис. 3 – Конечно-элементная модель ножа с основанием и креплением

На рис. 4 представлены графические изображения перемещений w по длине рабочей части ножа.



$\alpha = 20^\circ$



$$\alpha = 36^\circ$$

Рис. 4 – Картина изолиний перемещений при угле $\tau = 8^\circ$

Результаты расчетов деформированного состояния (максимального перемещения w_{\max}) ножа при различных углах $\alpha = 20^\circ \dots 36^\circ$ представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты расчета деформированного состояния ножа

	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha = 24^\circ$	$\alpha = 28^\circ$	$\alpha = 32^\circ$	$\alpha = 36^\circ$
w_{\max} , мм	0,138	0,167	0,194	0,222	0,247

Из рис. 4 перемещений видно, что наибольшей деформации подвержены точки лезвия ножа, так как они расположены на наибольшем удалении от защемления основание-прижимная пластина. Деформации лезвия ножа изменяются от 0,138 мм до 0,247 мм. С учетом динамических (ударных) и инерционных нагрузок деформации лезвия ножа будут возрастать, что может привести к удару ножа о противорежущий брус, увеличению усилий и энергоемкости резания. Кроме того, при увеличении толщины режущей кромки (остроты лезвия δ) и высоты сжатого лезвием слоя $H_{сж}$ будет увеличиваться и сила резания, достигая значений 7011 Н, что приведет к ухудшению деформированного состояния лезвия ножа и снижению эффективности процесса резания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Резник Н. Е. Кормоуборочные комбайны / Н.Е. Резник. – М.: «Машиностроение», 1980. – 375 с.
2. Родзевич П. Е. Влияние углов установки на напряженно-деформированное состояние ножа измельчающего барабана кормоуборочного комбайна / П.Е. Родзевич, В.В. Миренков, В.Ф. Хиженок Е.П. Шельманова // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого, г. Гомель. – 2016. – №1. – С. 31-37.