

УДК 631.319

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ РОТАЦИОННОЙ САДОВОЙ КОСИЛКИ

Атласкиров Арсен Мухамедович
инженер

Шекихачев Юрий Ахметханович
д.т.н., профессор

Шомахов Лев Аслангериевич
д.т.н., профессор

Балкаров Руслан Асланбиевич
д.т.н., профессор

Сенов Хамиша Машхариевич
д.ф.-м.н., профессор
Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия им. В.М.Кокова, Нальчик, Россия

Твердохлебов Сергей Анатольевич
к.т.н., доцент кафедры «Технология металлов»

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

В статье приведены результаты оптимизации основных параметров ротационной садовой косилки по критерию минимума энергетических затрат на измельчение растительности в садах

Ключевые слова: САДОВОДСТВО, ПОЧВА, СКАШИВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ, КОСИЛКА

UDC 631.319

OPTIMIZATION OF PARAMETERS AND OPERATING MODES OF THE ROTATIONAL GARDEN MOWER

Atlaskirov Arsene Muhamedovich
engineer

Shekihachev Yury Ahmethanovich
Dr.Sci.Tech., professor

Shomahov Lev Aslangireevich
Dr.Sci.Tech., professor

Balkarov Ruslan Aslanbievich
Dr.Sci.Tech., professor

Senov Hamisha Mashharievich
Dr.Phys.-Math.Sci., professor
Kabardino-Balkarian state agricultural academy of V.M.Kokov, Nalchik, Russia

Tverdokhlebov Sergey Anatolyevich
Cand.Tech.Sci., associate professor of the metals technology department

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

In the article, the results of optimization of key parameters of a rotational garden mower by criterion of a minimum of power expenses for vegetation crushing in gardens are resulted

Keywords: GARDENING, SOIL, VEGETATION CUTTING, MOWER

Определяющей характеристикой процесса измельчения растительности является энергоемкость этого процесса. С учетом этого, указанная энергоемкость принята нами в качестве критерия оптимизации. Анализ показал, что наибольшее влияние на энергоемкость измельчения растительности оказывают окружная скорость резания, скорость передвижения агрегата и диаметр ротора [1-3] (табл. 1).

После проведения всех опытов по рандомизированной схеме получена таблица 2, в которой имеются все данные для статистического анализа результатов экспериментальных исследований [4, 5]. Для обработки ре-

зультатов экспериментальных исследований была составлена программа для ПЭВМ.

Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования

Факторы Значение	Окружная скорость			Скорость передвижения агрегата			Диаметр ротора		
	X_1			X_2			X_3		
Кодированное (безразмерное)	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1
	V_p , м/с			V_m , м/с			D_p , град		
Натуральное	50	60	70	1,0	1,5	2,0	0,4	0,6	0,8

Таблица 2 – Результаты реализации матрицы планирования

i	Фактор			Отклик (энергоёмкость резания, Дж)			
	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_{cp}
1	2	3	4	2800	2900	2600	2766,67
1	1	1	0	2600	2700	2600	2633,33
2	1	-1	0	1800	2400	2200	2133,33
3	-1	1	0	2300	2800	2500	2533,33
4	-1	-1	0	300	300	700	433,33
5	0	0	0	2400	2700	2600	2566,67
6	1	0	1	2500	3100	2900	2833,33
7	1	0	-1	1900	2300	2100	2100
8	-1	0	1	2300	2500	3000	2600
9	-1	0	-1	200	300	600	366,67
10	0	0	0	1800	2400	2100	2100
11	0	1	1	3200	2400	2900	2833,33
12	0	1	-1	2200	3000	2400	2533,33
1	0	-1	1	3000	2400	2600	2666,67
14	0	-1	-1	200	400	700	433,33
15	0	0	0	2800	2900	2600	2766,67

Коэффициенты регрессии оказались равны:

$$b_0 = a_1 \sum_{u=1}^N Y_{ucp} - a_2 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp} = 411,11; \quad b_1 = a_3 \sum_{U=1}^N X_{1u} Y_{ucp} / N = 179,168;$$

$$b_2 = a_3 \sum_{u=1}^N X_{2u} Y_{ucp} / N = -66,666; \quad b_3 = a_3 \sum_{u=1}^N X_{3u} Y_{ucp} / N = -204,1663;$$

$$b_{12} = a_4 \sum_{u=1}^N X_{1u} X_{2u} Y_{ucp} = 133,335; \quad b_{13} = a_4 \sum_{u=1}^N X_{1u} X_{3u} Y_{ucp} = 58,335;$$

$$b_{23} = a_4 \sum_{u=1}^N X_{2u} X_{3u} Y_{ucp} = -149,998;$$

$$b_{11} = a_5 \sum_{u=1}^N X_{1u}^2 Y_{ucp} + a_6 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp} - a_7 \sum_{u=1}^N Y_{ucp} = 1048,611;$$

$$b_{22} = a_5 \sum_{u=1}^N X_{2u}^2 Y_{ucp} + a_6 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp} - a_7 \sum_{u=1}^N Y_{ucp} = 1056,94;$$

$$b_{33} = a_5 \sum_{u=1}^N X_{3u}^2 Y_{ucp} + a_6 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp} - a_7 \sum_{u=1}^N Y_{ucp} = 1065,28.$$

Оценка однородности дисперсии производится по критерию Кохрена. Результаты расчета показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов проверки однородности дисперсий для параметров оптимизации косилки.

Параметр оптимизации	Значение критерия Кохрена	
	опытные	табличные
у	0,1507	0,2758

Полученное значение расчетного критерия Кохрена меньше табличного (критического значения). Следовательно, гипотеза об однородности дисперсий подтверждается при 5% уровне значимости.

Записываем безразмерный полином, который содержит только значимые коэффициенты:

$$Y_m = 411,11 + 179,168X_1 - 66,666X_2 - 204,1663X_3 + 133,335X_1X_2 + 58,335X_1X_3 - 149,998X_2X_3 + 1048,611X_1^2 + 1056,94X_2^2 + 1065,28X_3^2 \quad (1)$$

Адекватность полученной модели проверяли по F – критерию. Результаты расчетов приведены в таблице 4. Из полученных расчетных значений критерия Фишера видно, что полученная модель – адекватна.

Таблица 4 – Результаты расчетов проверки адекватности

аппроксимирующих полиномов поверхностям отклика

Параметр оптимизации	Дисперсия адекватности $D_{ад}(y)$	Значение критерия Фишера	
		расчетное $F_{расч}$	табличное $F_{табл}$
y	463,0648	0,3126	2,3593

Для определения значений точек поверхности отклика в промежуточных точках факторного пространства следует перейти к реальным координатам этого пространства. Для этого используем формулы перехода от кодированных координат к реальным:

$$X_1 = \frac{V_p - 60}{10}, \quad (2)$$

$$X_2 = \frac{V_m - 1,5}{0,5}, \quad (3)$$

$$X_3 = \frac{D_p - 0,6}{0,2}. \quad (4)$$

Подставив в уравнение (1) значения X_1 , X_2 , X_3 определяемые формулами (2)...(4), после несложных преобразований получим выход биогаза V , выраженную через параметры V_p , V_m и D_p :

$$H_g = 59098,7 - 1297,9V_p - 13516,693V_m - 13479,3D_p + 26,667V_pV_m + 29,1675V_pD_p - 1499,98V_mD_p + 10,4861V_p^2 + 4227,4452V_m^2 + 26632D_p^2. \quad (5)$$

С целью исследования функции (1) на экстремум, определим стационарные точки поверхности отклика из системы уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dy_m}{dX_1} &= 179,168 + 133,335X_2 + 58,335X_3 + 2097,22X_1 = 0 \\ \frac{dy_m}{dX_2} &= -66,666 + 133,335X_1 - 149,998X_3 + 2113,88X_2 = 0 \\ \frac{dy_m}{dX_3} &= -204,1663 + 58,335X_1 - 149,998X_2 + 2130,56X_3 = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Решениями системы уравнений (6) являются следующие значения: $X_1^* = 0,089$; $X_2^* = 0,013$; $X_3^* = 0,0991$. С учетом этого определяем оптимальные значения режимных параметров ротационной косилки эшелонированного резания: окружная скорость резания 60,9 м/с, скорость передвижения агрегата 1,51 м/с и диаметр ротора 0,6 м.

Наглядно зависимость энергоемкости резания от исследуемых параметров можно оценить по графикам, построенным согласно уравнений, найденных из уравнения (1) (рис. 1...4):

$$Y(X_1) = 400,46 + 186,67X_1 + 1048,611X_1^2, \quad (7)$$

$$Y(X_2) = 426,09 - 70,6X_2 + 1056,94X_2^2, \quad (8)$$

$$Y(X_3) = 434,81 - 200,91X_3 + 1065,28X_3^2. \quad (9)$$

Анализ графиков, приведенных на рисунках 1...3, показывает, что наибольшее влияние на энергоемкость резания оказывают окружная скорость и диаметр ротора.

Зависимость энергоемкости резания от попарного влияния исследуемых параметров можно представить с помощью линий равного уровня, получаемых из уравнения нелинейной множественной регрессии. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее показатель энергоемкости резания в зависимости от окружной скорости ротора (X_1) и поступательной скорости агрегата (X_2) получим, проведя каноническое преобразование уравнения (1).

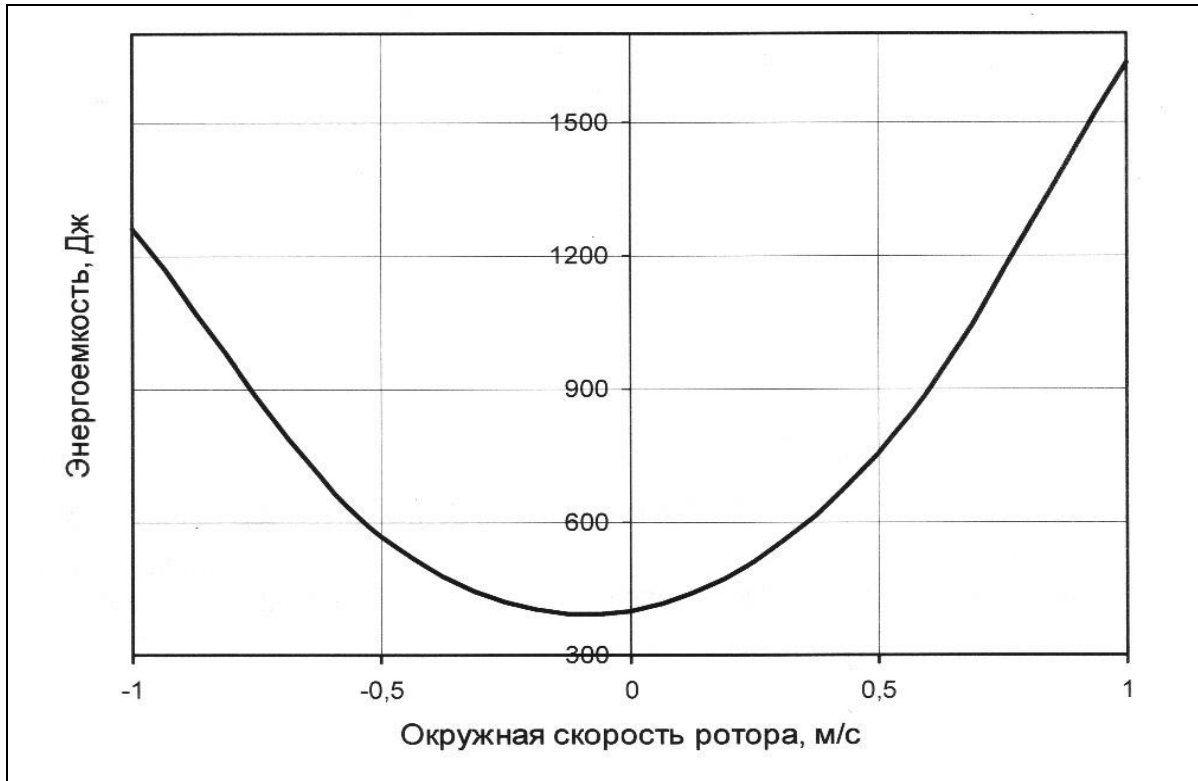


Рисунок 1 – Зависимость энергоемкости резания от окружной скорости ротора

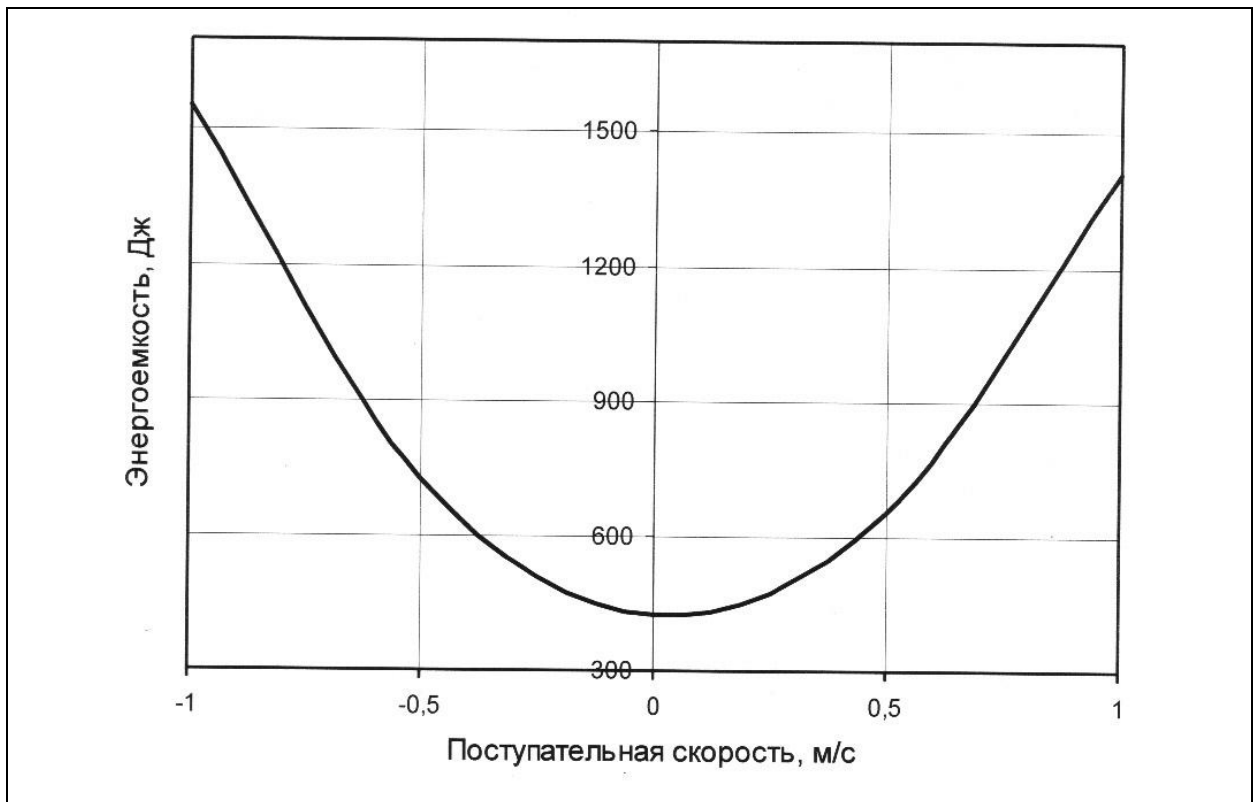


Рисунок 2 – Зависимость энергоемкости резания от поступательной скорости агрегата

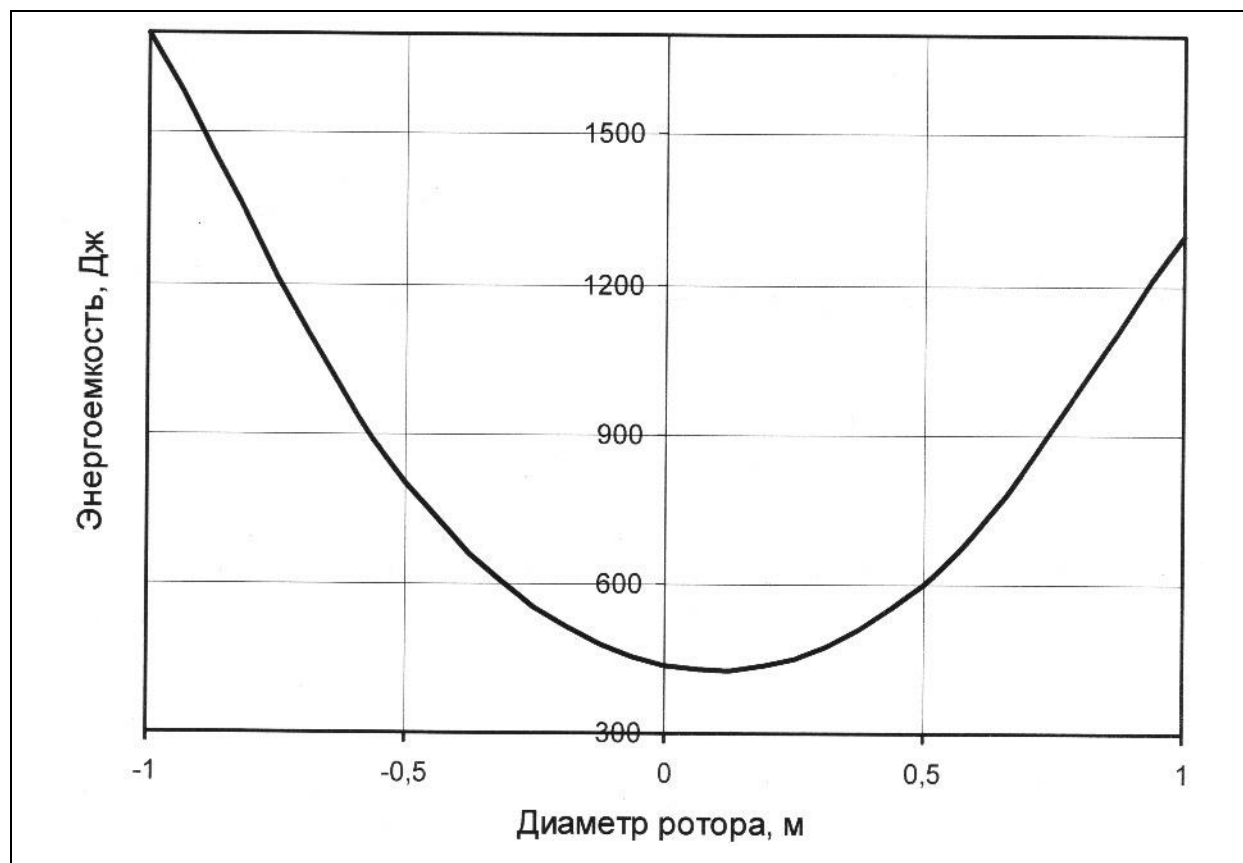


Рисунок 3 – Зависимость энергоемкости резания от диаметра ротора.

Получена каноническая форма уравнения регрессии, характеризующего энергоемкость резания в зависимости от окружной скорости ротора (X_1) и поступательной скорости агрегата (X_2) будет иметь вид:

$$Y - 435,1 = 1010,672X_1^2 + 1004,544X_2^2. \quad (10)$$

С использованием компьютерной программы Mathcad 2000 Professional и полученных данных построили линии равного уровня изменения энергоемкости резания в зависимости от окружной скорости ротора (X_1) и поступательной скорости агрегата (X_2) (рис. 4).

Аналогично, двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее показатель энергоемкости резания в зависимости от окружной скорости ротора (X_1) и диаметра ротора (X_3) получим, проведя каноническое преобразование уравнения (1):

$$Y - 435,1 = 1026,691X_1^2 + 1032,427X_3^2. \quad (11)$$

С использованием уравнения (11) построили линии равного уровня изменения энергоёмкости резания в зависимости от окружной скорости ротора (X_1) и диаметра ротора (X_3) (рис. 5).

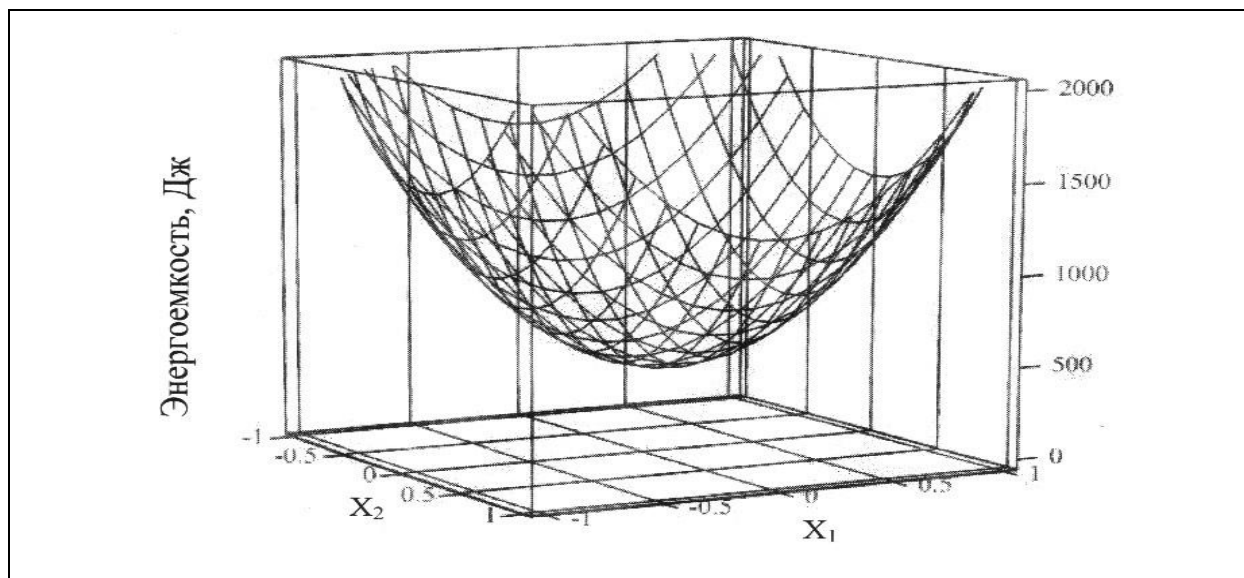


Рисунок 4 – Зависимость энергоёмкости резания в зависимости от окружной скорости ротора (X_1) и поступательной скорости агрегата (X_2).

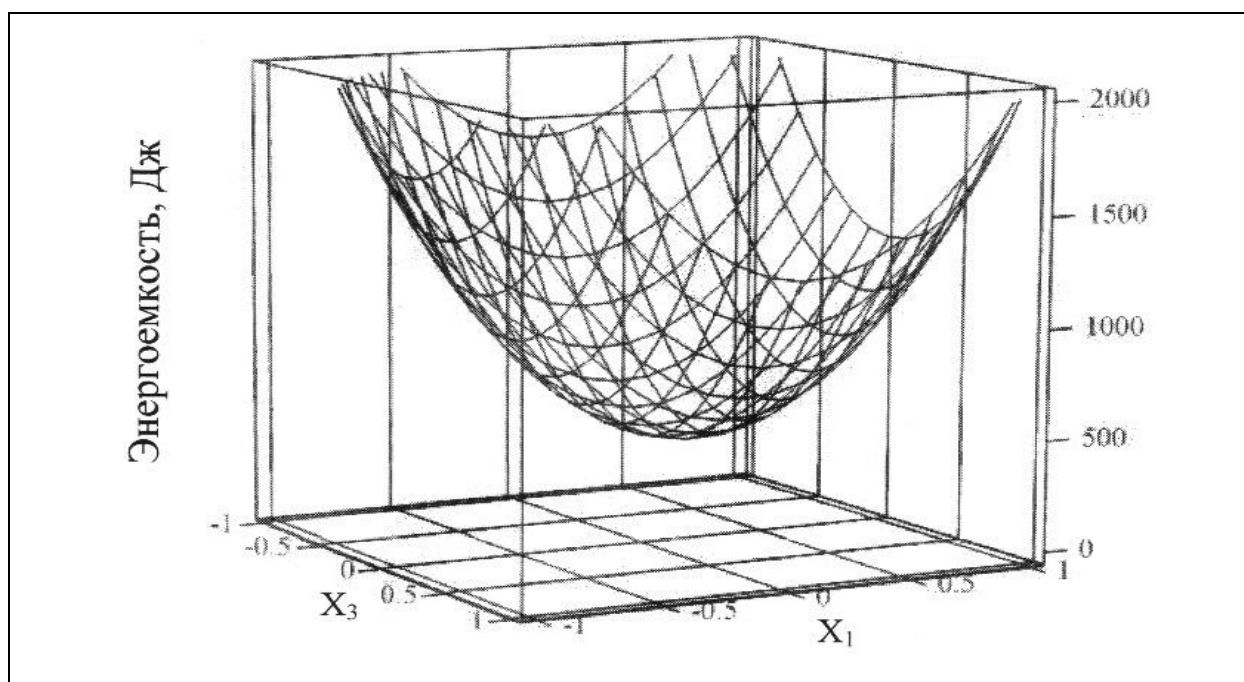


Рисунок 5 – Зависимость энергоёмкости резания в зависимости от окружной скорости ротора (X_1) и диаметра ротора (X_3).

Для построения двумерного сечения поверхности отклика, характеризующего показатель энергоёмкости резания в зависимости от поступательной скорости агрегата (X_2) и диаметра ротора (X_3), каноническая форма уравнения регрессии:

$$Y - 435,1 = 1122,259X_2^2 - 334,682X_3^2. \quad (12)$$

Реализация уравнения (12) на ЭВМ приведена на рисунке 12.

На плоскостях линий уровня показаны точки оптимальных параметров ротационной косилки эшелонированного резания: (окружная скорость резания 60,9 м/с, скорость передвижения агрегата 1,51 м/с и диаметр ротора 0,6 м). При этом энергоёмкость резания составляет 435,1 Дж.

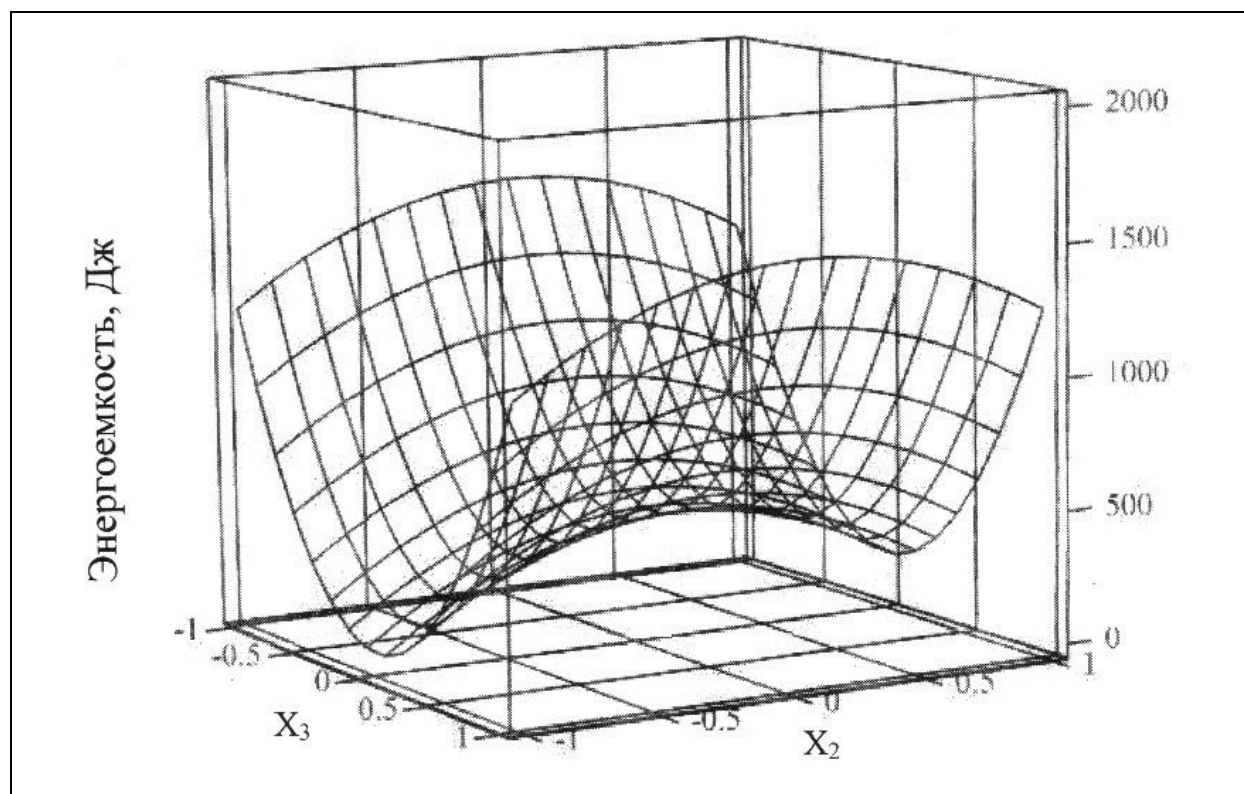


Рисунок 6 – Зависимость изменения энергоёмкость резания в зависимости от поступательной скорости агрегата (X_2) и диаметра ротора (X_3).

Список использованной литературы

1. Атласкиров, А.М. Обоснование конструктивно-технологической схемы ротационной косилки эшелонированного резания / А.М. Атласкиров // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 25-летию КБГСХА.- Нальчик: КБГСХА, 2006.- С. 13-15.
2. Атласкиров, А.М. Классификация и анализ конструкций косилочных устройств / А.М. Атласкиров // Сборник научных трудов ученых и соискателей «Седьмой регион: наука и практика».- Нальчик: Полиграфсервис и Т, 2005.- С. 187-191.
3. Пат. 2297131 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 D 34/63. Косилка-измельчитель эшелонированного резания / Ю.А. Шекихачев, Л.А. Шомахов; заявитель и патентообладатель Кабардино-Балкарская гос. сель. хоз. акад.- №2003123694/12(025113); заявл. 28.07.03; опубл. 20.04.07, Бюл. №11. – 4 с. : ил.
4. Основы планирования эксперимента в сельскохозяйственных машинах // Руководящий технический материал.- М., 1974.- 246 с.
5. Юдин М. И. Планирование эксперимента и обработка его результатов: Монография. – Краснодар: КГАУ, 2004. – 239с.