

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
Натуральное	$V_p$ , м/с			$V_m$ , м/с			$D_p$ , град		
	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).

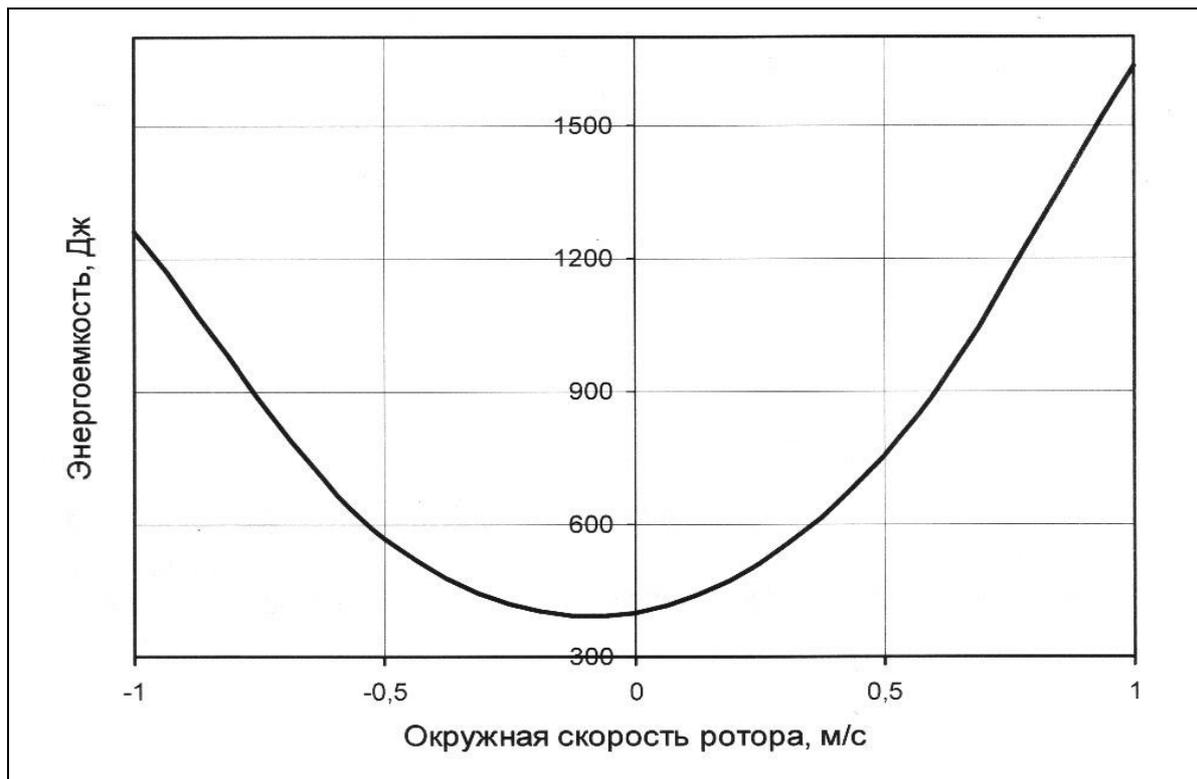


Рисунок 1 – Зависимость энергоемкости резания от окружной скорости ротора

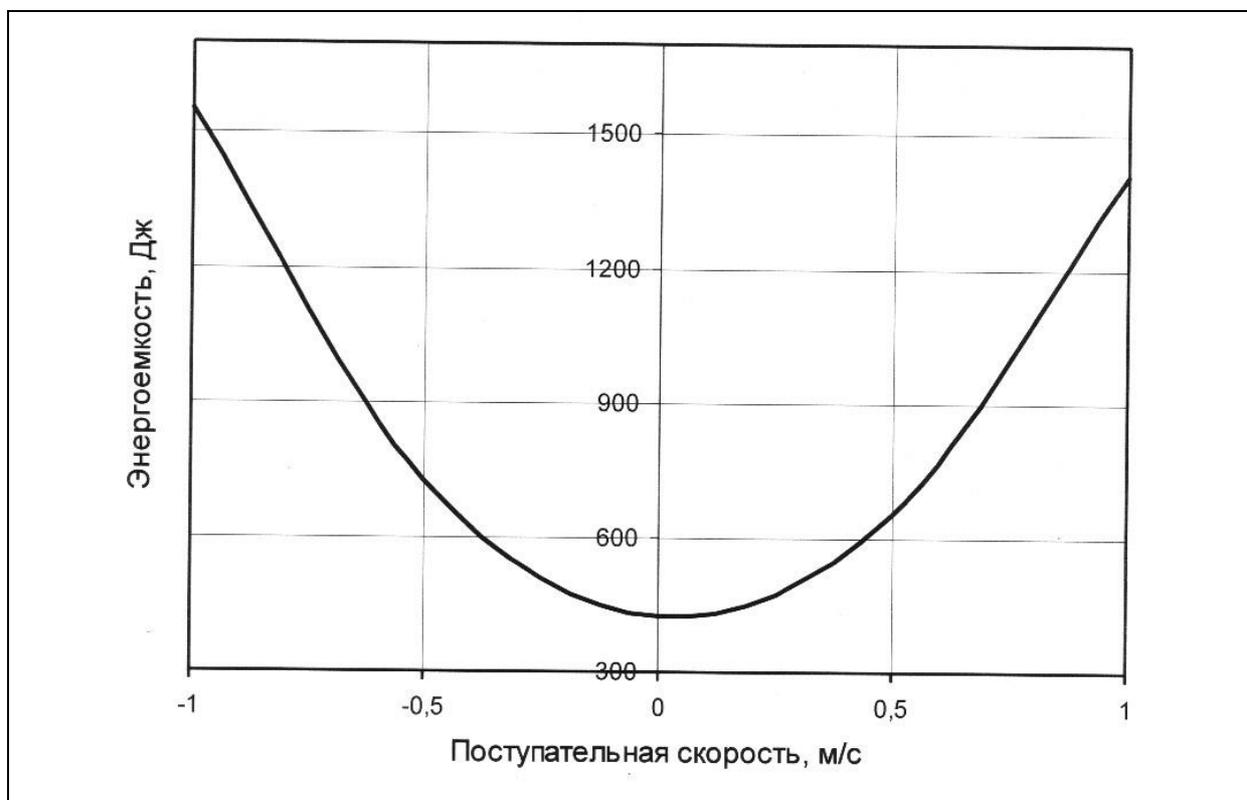


Рисунок 2 – Зависимость энергоемкости резания от поступательной скорости агрегата

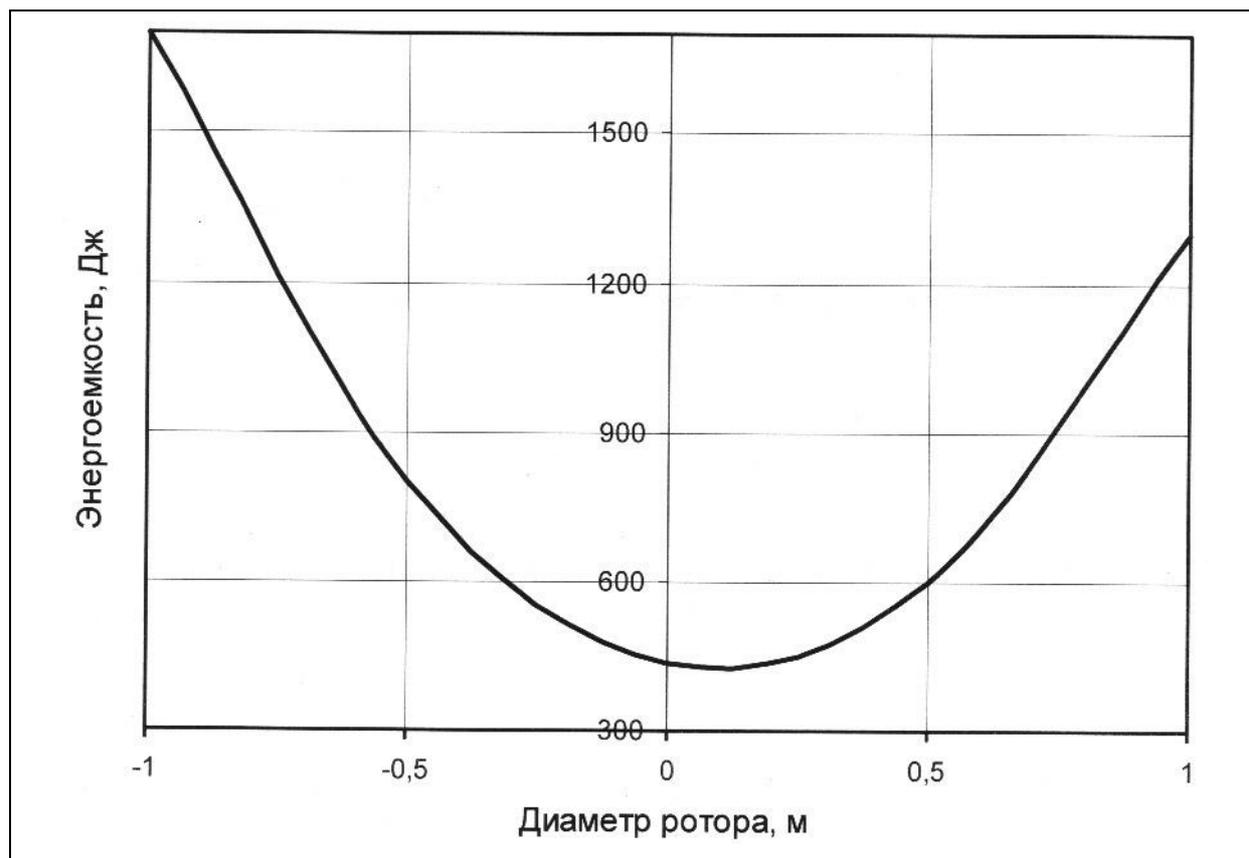


Рисунок 3 – Зависимость энергоемкости резания от диаметра ротора.

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).

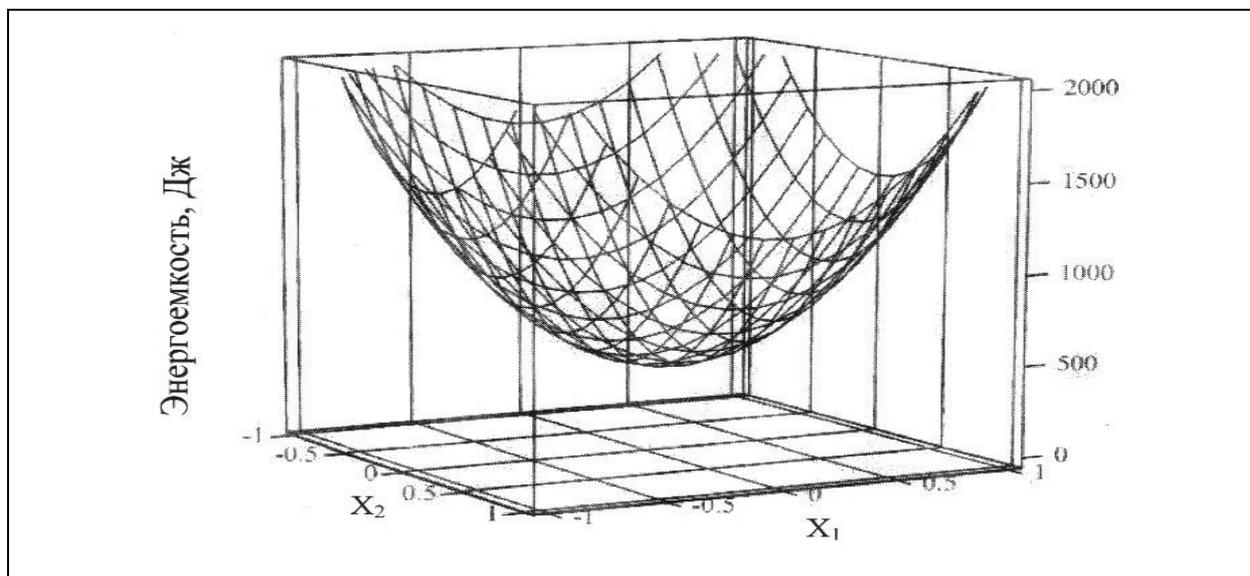


Рисунок 4 – Зависимость энергоёмкости резания в зависимости от окружной скорости ротора ( $X_1$ ) и поступательной скорости агрегата ( $X_2$ ).

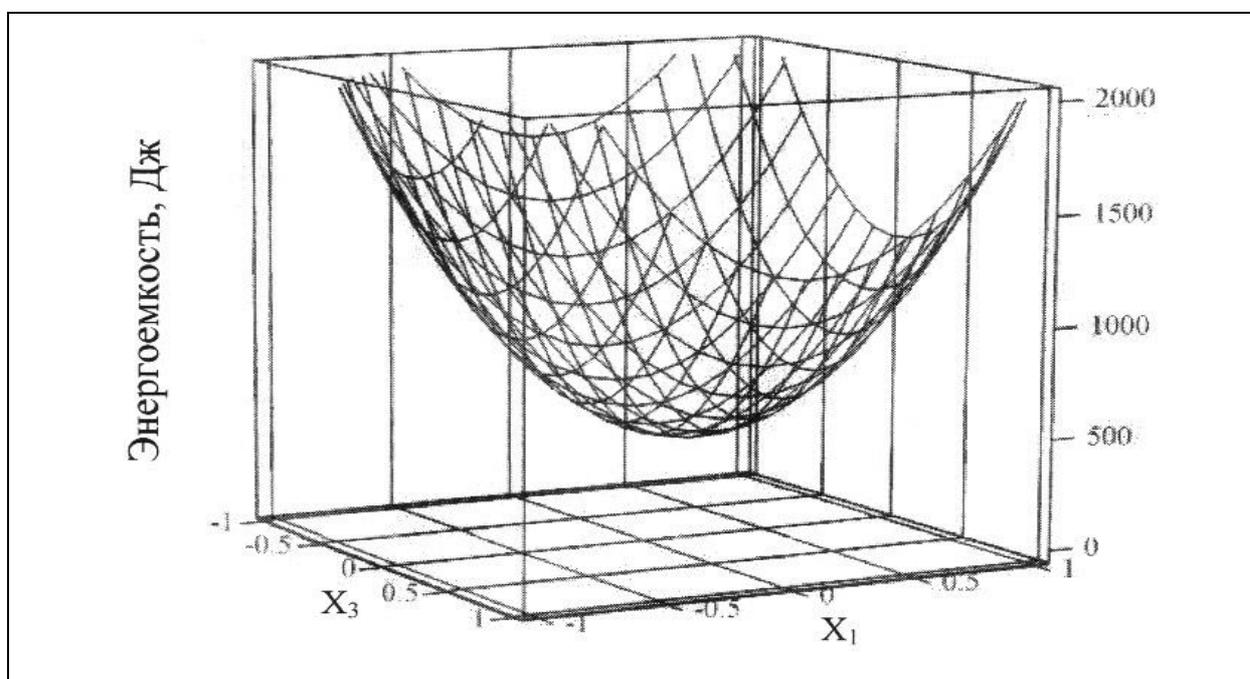


Рисунок 5 – Зависимость энергоёмкости резания в зависимости от окружной скорости ротора ( $X_1$ ) и диаметра ротора ( $X_3$ ).

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.

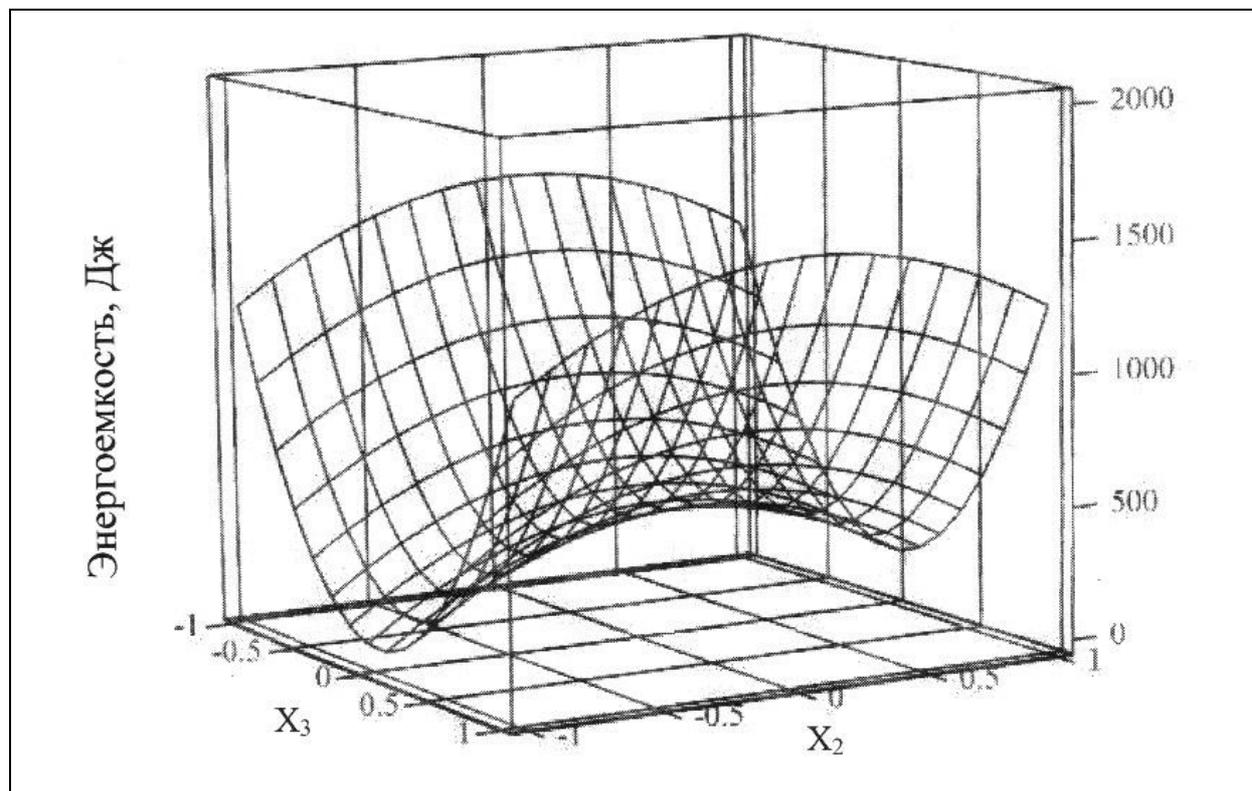


Рисунок 6 – Зависимость изменения энергоёмкость резания в зависимости от поступательной скорости агрегата ( $X_2$ ) и диаметра ротора ( $X_3$ ).

### 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, МПК<sup>7</sup> 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.