

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ РОЛИКОВ ЗАДАТЧИКА ОТНОСИТЕЛЬНО ВАЛКОВ НЕПРЕРЫВНО- ЗАГОТОВОЧНОГО СТАНА

В.Н. Ручко, А.В. Нижник (ДонНТУ, г. Донецк)

*В статье рассмотрено решение уравнения критической нагрузки потери устойчивости заготовки, при задаче ее в валки непрерывно-заготовочного стана. Показано использования полученных результатов при определении оптимальных параметров расположения роликов задатчика относительно валков непрерывно-заготовочного стана.*

Современные тенденции к развитию методов расчета и проектирования разнообразного технологического оборудования [1-3], а также возможность использования для решения различных конструкторских задач специализированных компьютерных программ и оболочек [4-6], ставят целью дальнейшее совершенствование подходов, направленных на поиск наиболее рациональных, с точки зрения материало- и энергоемкости, и оптимальных, с точки зрения производительности и требуемого уровня надежности, геометрических параметров деталей и узлов эксплуатируемых машин и механизмов [7].

Этапы конструирования нового и совершенствования существующего металлургического оборудования включают изучение особенностей его функционирования с целью получения аналитических зависимостей, которые позволяют выявлять воздействующие на него технологические нагрузки [8] и определять, на их основании, наиболее приемлемые конструктивные и прочностные параметры, учитывающие уникальность и единичность большинства металлургических машин [9-11].

При проектировании нового устройства (рис. 1), каким является задатчик металла [12], выполненный применительно к условиям непрерывно-заготовочного стана (НЗС) 850-610-550 ОАО «Енакиевский металлургический завод» [13], возникла необходимость определения расстояний расположения 1-ой пары вертикальных роликов относительно оси прокатных валков I-ой клетки НЗС (величина  $L_1$ , рис. 1), а также, 2-ой пары вертикальных роликов относительно 1-ой пары (величина  $L_2$ , рис. 1).

Выполненные исследования [14], учитывающие возникающий продольно-поперечный изгиб заготовки в случае возможной потери устойчивого положения при динамическом захвате ее валками НЗС, позволили получить

уравнение (1) для определения критической силы  $N$  потери устойчивости заготовки, которое является трансцендентным:

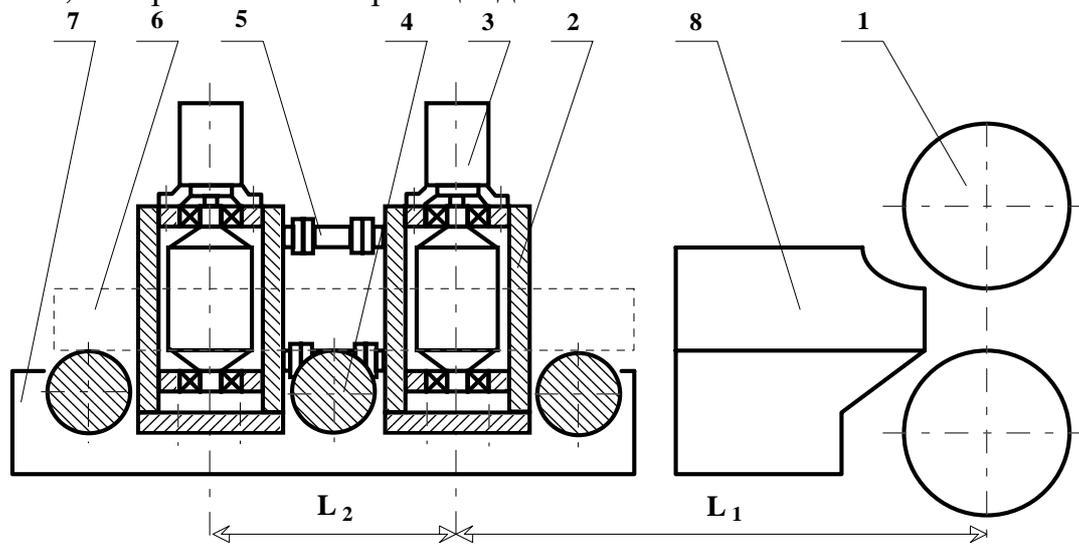


Рисунок 1 - Конструкция задатчика металла в валки НЗС: 1 - валки клетки 1020 НЗС ОАО «ЕМЗ»; 2 - корпус задатчика металла; 3 - узел ролика задатчика металла; 4 - ролик рабочего рольганга; 5 - траверса; 6 - заготовка; 7 - рама рабочего рольганга; 8 - вводная проводка

$$\begin{aligned}
 & \frac{\sin\left(\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_1\right) \cdot 1 - \cos\left(\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_1\right) \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_2\right)}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot 2N} + \left( \frac{\sin\left(\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_1\right)}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}}} \right)^2 \times \\
 & \times \frac{1 - \cos\left(\sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_2\right)}{N} + \frac{\sin\left(\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_1\right) \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_2 - \sin\left(\sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_2\right)}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot N} \quad (1) \\
 & - \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_1 - \sin\left(\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_1\right)}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot 2N} \cdot \cos\left(\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_1\right) \cdot \frac{\sin\left(\sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_2\right)}{\sqrt{\frac{N}{E \cdot J}}} + \\
 & + \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_1 - \sin\left(\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_1\right)}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot 2N} \cdot \left( -\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot EJ \cdot \sin\left(\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_1\right) \right) \times \\
 & \times \frac{1 - \cos\left(\sqrt{\frac{N}{E \cdot J}} \cdot L_2\right)}{N} = F(N) \cdot
 \end{aligned}$$

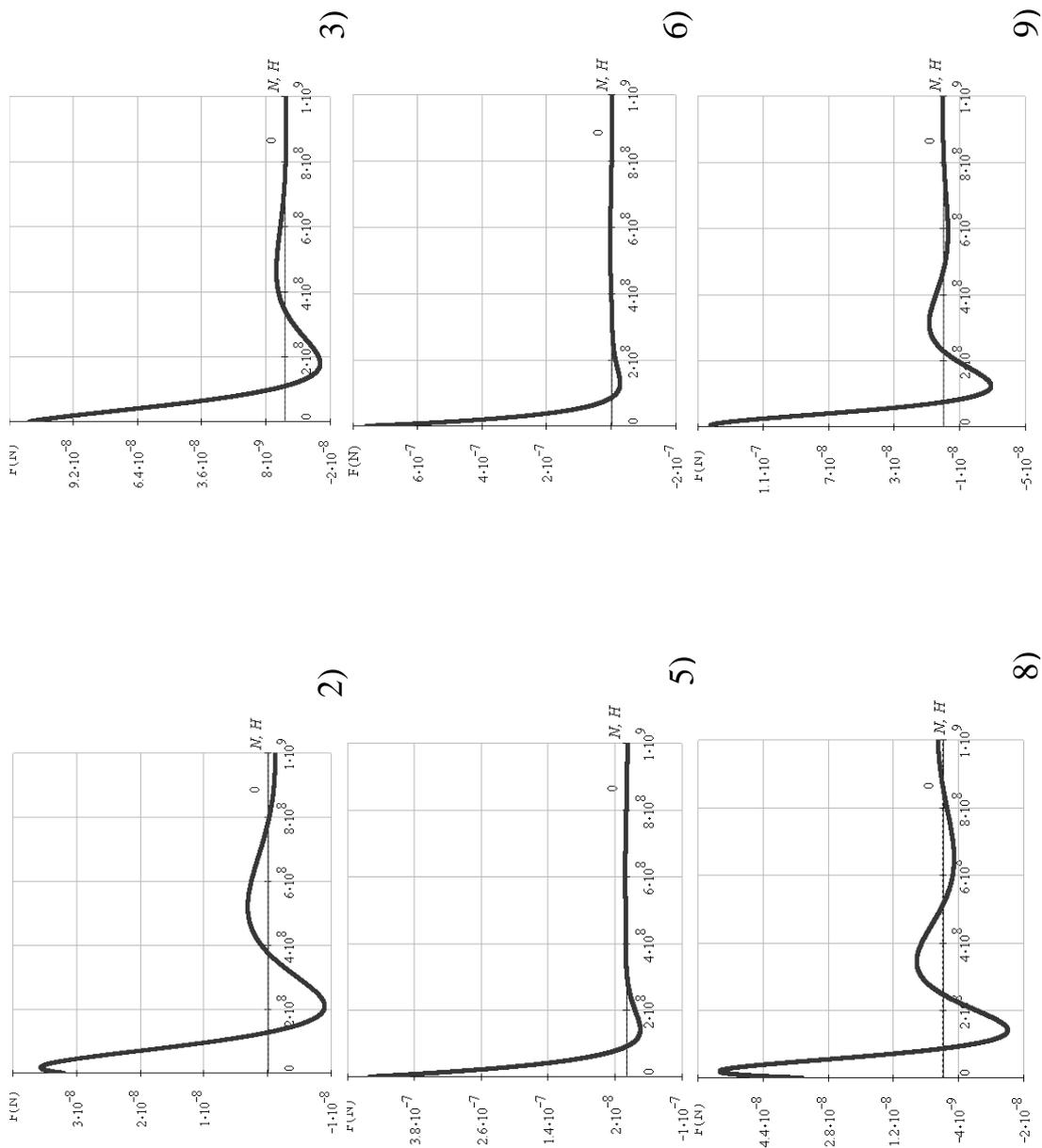
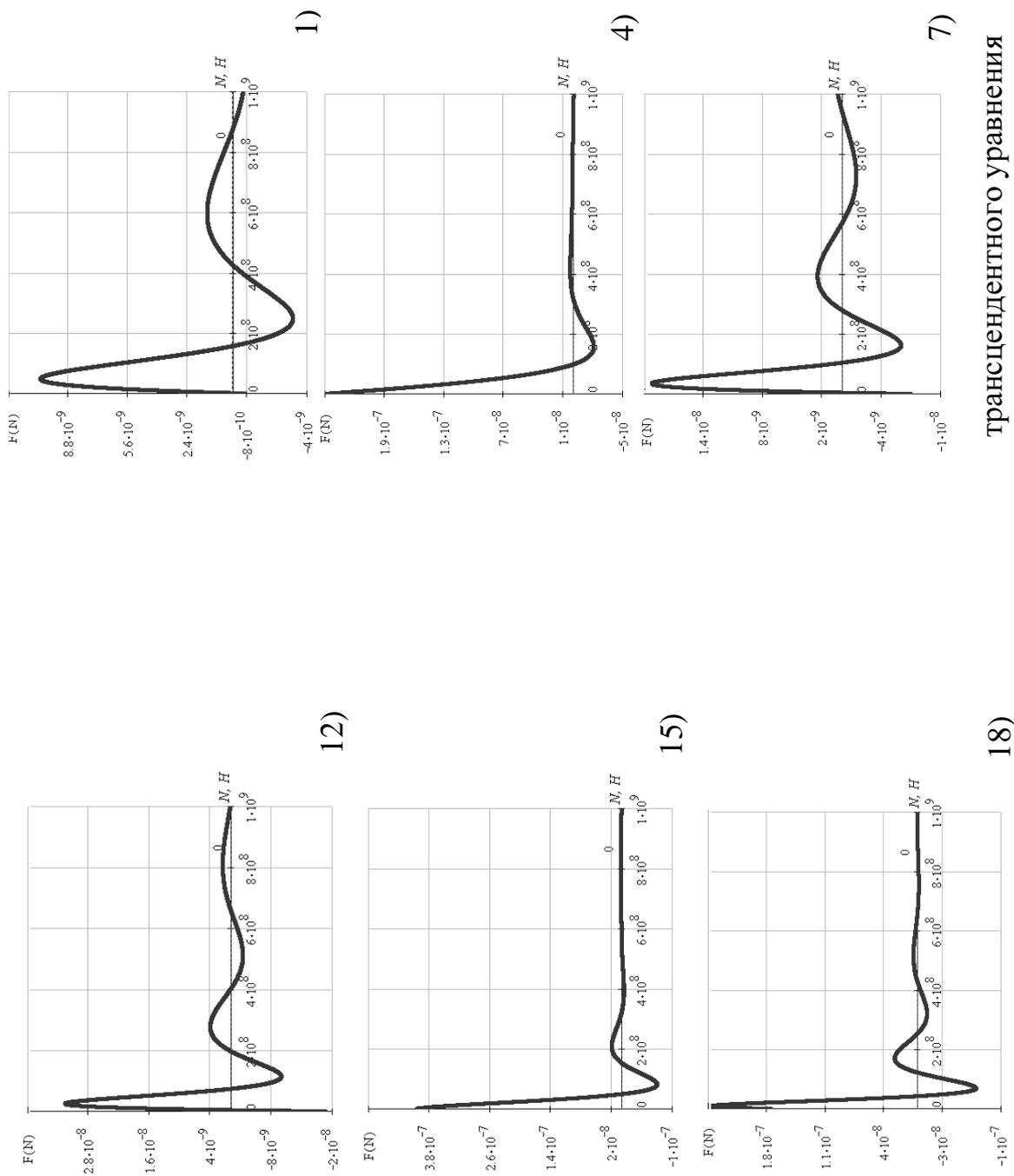
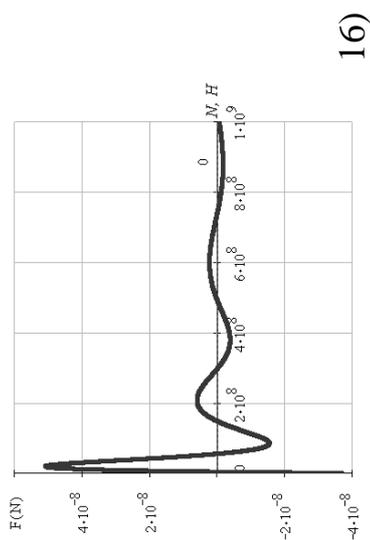
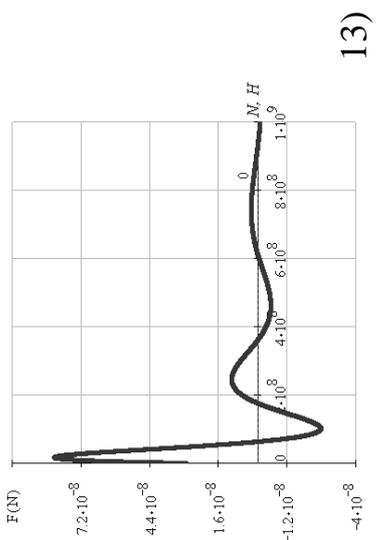
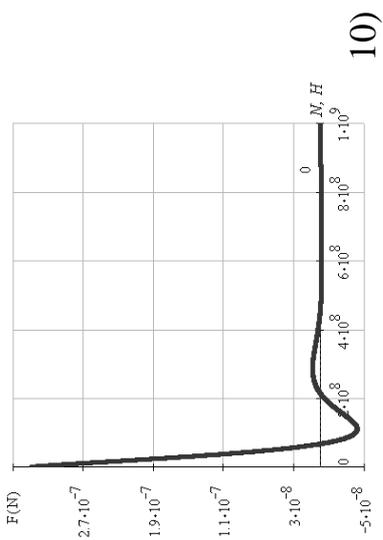
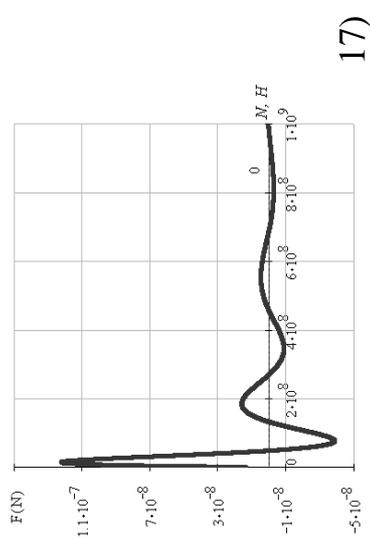
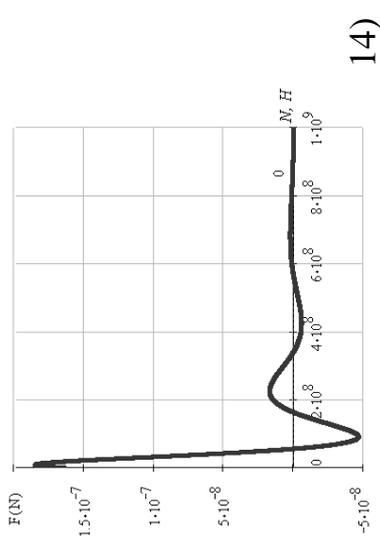
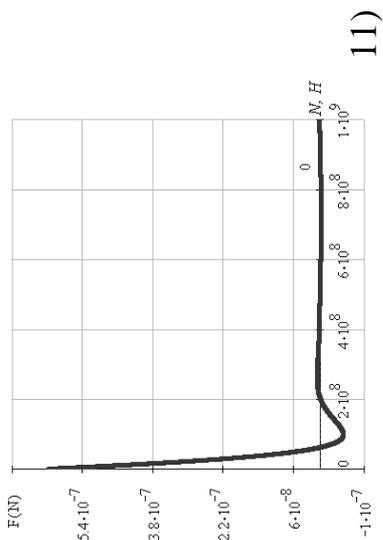


Рисунок 2 – Графическое представление решений трансцендентного уравнения



транscendentного уравнения

Рисунок 2 — Графическое представление решений



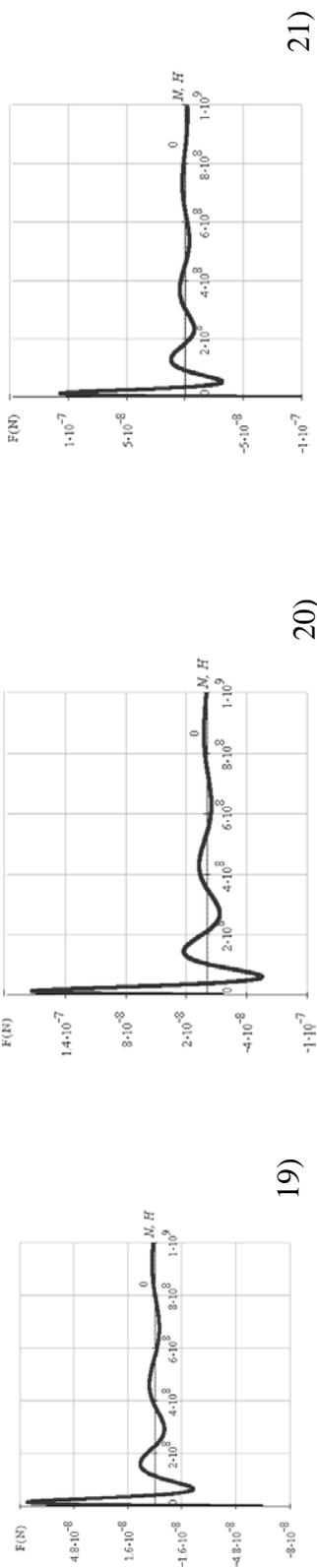


Рисунок 2 – Графическое представление решений трансцендентного уравнения (окончание)

Таблица 1 – Сочетания расположения роликов задачника ( $L_1$  и  $L_2$ ) и соответствующая им критическая сила ( $N$ )

$L_1$ , м	$L_2$ , м	$N$ , Н	№	$L_1$ , м	$L_2$ , м	$N$ , Н
2,3	0,6	$1,093 \cdot 10^6$	12	3,5	0,6	$4,074 \cdot 10^6$
2,3	1,2	$1,265 \cdot 10^8$	13	3,5	1,2	$6,293 \cdot 10^7$
2,3	1,8	$1,087 \cdot 10^8$	14	3,5	1,8	$5,490 \cdot 10^7$
2,3	2,4	$9,797 \cdot 10^7$	15	3,5	2,4	$4,930 \cdot 10^7$
2,3	3,0	$9,065 \cdot 10^7$	16	4,1	0,6	$3,638 \cdot 10^6$
2,3	3,6	$8,517 \cdot 10^7$	17	4,1	1,2	$4,794 \cdot 10^7$
2,9	0,6	$3,940 \cdot 10^6$	18	4,1	1,8	$4,233 \cdot 10^7$
2,9	1,2	$8,634 \cdot 10^7$	19	4,7	0,6	$3,133 \cdot 10^6$
2,9	1,8	$7,456 \cdot 10^7$	20	4,7	1,2	$3,936 \cdot 10^5$
2,9	2,4	$6,697 \cdot 10^7$	21	5,3	0,6	$2,678 \cdot 10^6$
2,9	3,0	$6,181 \cdot 10^7$				

Решение уравнения (1) выполненное с помощью пакета прикладных про-

грамм MathCAD Plus 7.0 Pro [15], дозволило отримати ряд значень критической сили  $N$  (рис. 2), которые соответствуют 21-ому возможному варианту расположения роликов задатчика на раме рабочего рольганга (табл. 1).

На основании данных таблицы 1 построена поверхность множества решений определения критической силы  $N$  (рис. 3), которая приводит к потере устойчивости заготовки, в зависимости расстояний расположения 1-ой и 2-ой пар роликов задатчика на раме рабочего рольганга (рис. 1).

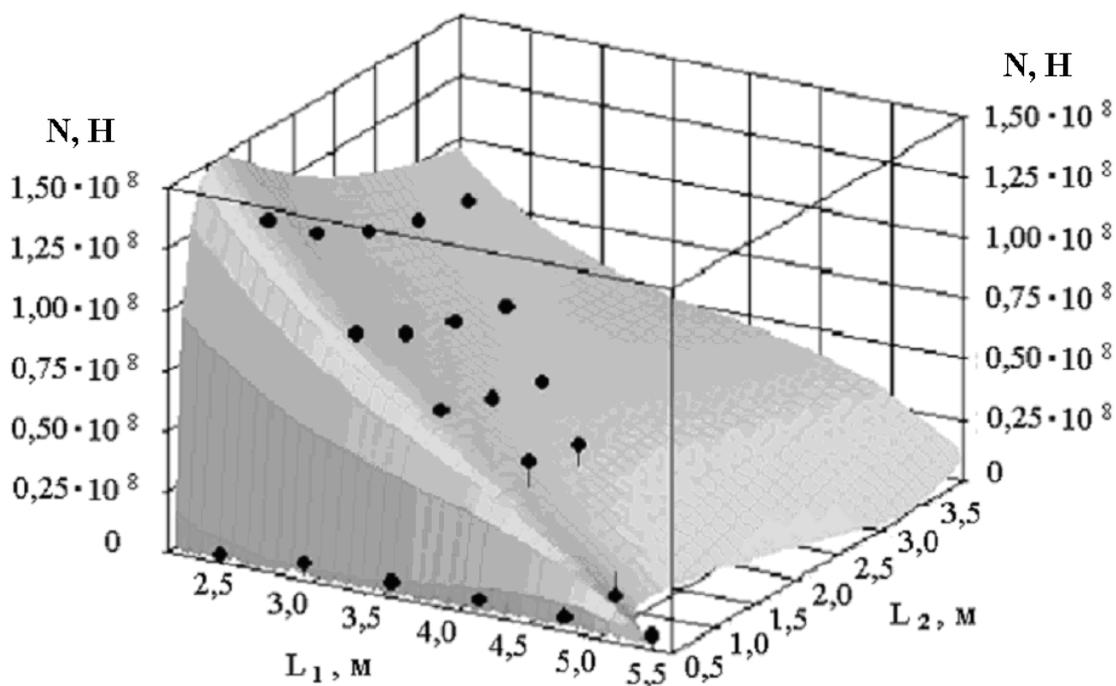


Рисунок 3 - Поверхность множества решений определения критической силы  $N$

Для определения характеристик поверхности, описывающей зависимость критической силы  $N$  от расстояний  $L_1$  и  $L_2$ , использовалась программа «Table Curve 3D 2.0», позволившая получить следующую функцию:

$$N = \zeta_1 + \zeta_2 \cdot L_1 + \frac{\zeta_3}{L_2} + \zeta_4 \cdot L_1^2 + \frac{\zeta_5}{L_2^2} + \zeta_6 \cdot \frac{L_1}{L_2} + \zeta_7 \cdot L_1^3 + \frac{\zeta_8}{L_2^3} + \zeta_9 \cdot \frac{L_1}{L_2^2} + \zeta_{10} \cdot \frac{L_1^2}{L_2}, \quad (2)$$

где  $\zeta_1, \dots, \zeta_{10}$  - константы полиномиальной зависимости:  $\zeta_1 = 2,6201 \cdot 10^8$ ;  $\zeta_2 = -1,8824 \cdot 10^8$ ;  $\zeta_3 = 3,77063 \cdot 10^8$ ;  $\zeta_4 = 5,36543 \cdot 10^7$ ;  $\zeta_5 = -1,0988 \cdot 10^8$ ;  $\zeta_6 = -1,2477 \cdot 10^8$ ;  $\zeta_7 = -4,6311 \cdot 10^8$ ;  $\zeta_8 = -8,2644 \cdot 10^7$ ;  $\zeta_9 = 7,79828 \cdot 10^7$ ;  $\zeta_{10} = -1,5 \cdot 10^6$ .

Таким образом, на основании выведенного ранее трансцендентного уравнения для определения критической силы  $N$ , учитывающего возникающий продольно-поперечный изгиб заготовки в случае возможной потери устойчивого положения при динамическом захвате ее валками НЗС, получено

множество его решений, анализ которых позволил определить оптимальные параметры расположения роликов задатчика относительно валков НЗС. В соответствии с принятым критерием оптимизации, при котором  $N = f(L_1, L_2) \rightarrow \max$ , расстояния от 1-ой пары роликов задатчика до оси валков I-ой клетки НЗС и от 2-ой пары роликов задатчика до его 1-ой пары, составили соответственно  $L_1 = 2,3$  м и  $L_2 = 1,2$  м, что позволило спроектировать конструкцию задатчика металла.

### Литература

1. Подгорный Ю.И., Афанасьев Ю.А., Кириллов А.В. Исследование и выбор параметров при синтезе и эксплуатации механизмов технологических машин. - Новосибирск.: Изд-во НГТУ, 2002. - 196 с.
2. Бушуев В.В. Практика конструирования машин: Справочник. - М.: Машиностроение, 2006. - 448 с.
3. Иванов А.С. Конструируем машины шаг за шагом: - М.: МГТУ им. Баумана, 2003. Ч. 1. - 322с. Ч.2. - 388 с.
4. Алямовский А.А. SolidWorks / Cosmos Works 2006 / 2007. Инженерный анализ методом конечных элементов, - М.: ДМК Пресс, 2007. - 784 с.
5. Пестриков В.М., Морозов Е.М. Механика разрушения на базе компьютерных технологий. - С-Пб.: БХВ-Петербург, 2007. - 464 с.
6. Кудрявцев Е.М. Машиностроительное проектирование в Mechanical Desktop. - М.: ДМК Пресс, 2006. - 544 с.
7. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. - М.: МГТУ им. Баумана, 2002. - 560 с.
8. Высоконадежное металлургическое оборудование в ресурсосберегающих технологиях / В. И. Большаков, А. П. Ващенко, А. Г. Величко, А. В. Носков и др. - Днепропетровск.: Институт технологии, 2000. - 230 с.
9. Лукашкин Н.Д., Кохан Л.С., Якушев А.М. Конструкция и расчет машин и агрегатов металлургических заводов. - М.: Академкнига, 2003. - 456 с.
10. Еронько С.П., Быковских С.В. Разливка стали: Оборудование. Технология. - К.: Техника, 2003. - 216 с.
11. Машиностроение. Энциклопедия. Машины и агрегаты металлургического производства. Т.IV-5 / Под ред. В.М. Синицкого, Н.В. Пасечника. - М.: 2000. - 912 с.
12. Патент 9233 Україна, МПК<sup>7</sup> В 21 В 39/06. Задавач метала в калібри прокатної кліті: Ручко В.М., Руденко В.І. (Україна); ДонНТУ. - № u2005 01843; Заявл. 28.02.2005; Опубл. 15.09.2005, Бюл. № 9 2005 р. . - 3 с.

13. Производство заготовки на непрерывно-заготовочном стане «850-610-550». Технологическая инструкция (ТИ 235-П. 03-03-94). АО «Енакиевский металлургический завод». - Енакиево: ЦПИИ, 1994. - 69 с.
14. Ручко В.Н., Нижник А.В. Вывод уравнения критической нагрузки потери устойчивости заготовки, при задаче ее в валки непрерывно-заготовочного стана / Научные труды ДонНТУ, серия «Металлургия». – Донецк: ДонНТУ, 2005. Вып. № 102. С. 104 – 112.
15. Дьяконов В.П. Справочник по MathCAD PLUS 7.0 PRO. – М.: СК Пресс, 1998. – 352 с.

© Ручко В.Н., Нижник А.В. 2007