

## ПОСТРОЕНИЕ АРХИТЕКТУРЫ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОМИНА ЛЬНОТРЕСТЫ.

Л.В. МОЧАЛОВ, В.Г. ДРОЗДОВ, А.С. ЕФРЕМОВ.

(Костромской государственный технологический университет)

*В статье рассмотрено построение архитектуры нейронной сети для оптимизации процесса промина льнотресты.*

Архитектура нейронной сети для оптимизации процесса промина строится в программе MATLAB в пакете Fuzzy logic toolbox [1,2]. В аппарате предложены экспертные системы нечеткой логики Sygeno или Mamdani (в нашем случае был выбран второй). Построим таблицу для создания нейронной сети. Для этого разобьём входные (отделяемость, влажность, прочность) и выходные (глубина захождения рифлей) параметры на группы (термы). Данные в табл. 1 приведены для первого вальца (диаметр 118 мм, 12 рифлей).

Значения глубины захождения для других валков можно рассчитать из равенства:  $i_1 \cdot z_1 = i_2 \cdot z_2 = \dots = i_k \cdot z_k$  [3].

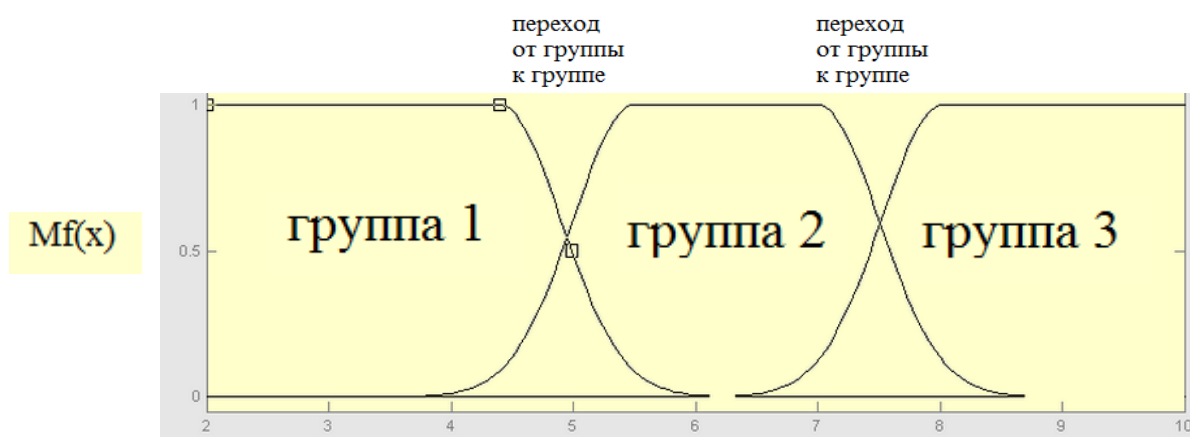
Данная таблица построена на основании проведенных экспериментов [4,5,6], использовались и результаты ранее выполненных исследований [7,8,9]

Таблица 1

Таблица для обучения нейронной сети

| ОТДЕЛЯЕМОСТЬ,<br>ед. | ВЛАЖНОСТЬ,<br>% | ПРОЧНОСТЬ,<br>даН | ГЛУБИНА<br>ЗАХОЖДЕНИЯ<br>РИФЛЕЙ, мм |
|----------------------|-----------------|-------------------|-------------------------------------|
| 4                    | 9-14            | 7 и выше          | 10                                  |
|                      | 15-19           |                   |                                     |
| 6                    | 9-14            | 7 и выше          | 8                                   |
|                      | 15-19           |                   | 9                                   |
| 8                    | 9-14            | 6 и ниже          | 3                                   |
|                      | 15-19           | 6 и ниже          | 4                                   |
|                      | 9-14            | 7 и выше          | 7                                   |
|                      | 15-19           | 7 и выше          | 8                                   |

Значения для отделяемости льнотресты условно разделены на три группы, которые соответствуют недолежалой тресте (группа 1), тресте нормальной вылежки (группа 2) и перележалой тресте (группа 3) рис. 1. По влажности льнотреста разбита на 2 группы рис. 2. По прочности льнотреста разбита на 2 группы рис. 3.



Отделяемость льнотресты, ед.

Рис. 1. Разбиение тресты на группы по показателю отделяемости



Влажность льнотресты, %

Рис. 2. Разбиение тресты на группы по показателю влажности

переход  
от группы  
к группе

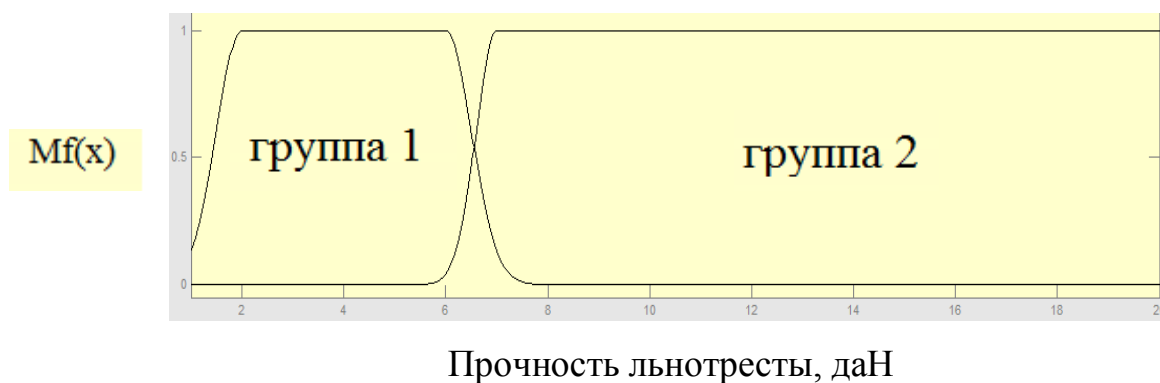


Рис. 3. Разбиение тресты на группы по показателю прочности

где:  $Mf(x)$  – функция принадлежности

Вычисление функции принимается в диапазоне от 0 до 1. Пусть  $s$  – множество, тогда  $Mf_s(x) \in [0,1]$

если  $Mf_s(x) = 1$  это означает стопроцентную принадлежность к множеству, соответственно ноль означает отсутствие принадлежности к множеству. За счет этого можно точно описать процесс с помощью логических правил. Каждое правило состоит из совокупности событий. Для обработки правил используются различные функции: трапециевидная, треугольная – линейные, гауссова – нелинейная (одномерная и двойная (имеющая два входных аргумента)), одну из которых можно выбрать при создании архитектуры нейронной сети [1]. В каждом правиле может быть несколько функций принадлежности, для каждой группы может быть использована одна функция принадлежности. При настройке регулятора была использована гауссова функция..

Описывается формулой:

$$\text{если } c_1 < c_2, \text{ то } \mu(x) = \begin{cases} \exp\left((x - c_1)^2 / (-2a_1^2)\right) & x < c_1 \\ 1, & c_1 \leq x \leq c_2 \\ \exp\left((x - c_2)^2 / (-2a_2^2)\right) & x > c_2 \end{cases}$$

$$\text{если } c_1 > c_2, \text{ то } \mu(x) = \begin{cases} \exp\left((x - c_1)^2 / (-2a_1^2)\right) & x < c_2 \\ \exp\left((x - c_1)^2 / (-2a_1^2)\right) \exp\left((x - c_2)^2 / (-2a_2^2)\right) & c_2 \leq x \leq c_1 \\ \exp\left((x - c_2)^2 / (-2a_2^2)\right) & x > c_1 \end{cases} \quad (1)$$

где: если  $c_1 < c_2$ , то параметры принадлежности следующие:  $c_1(c_2)$  - минимальное (максимальное) значение ядра нечеткого множества,  
 $a_1(a_2)$  – коэффициент концентрации левой (правой) части принадлежности,  
 $c_1 > c_2$  - нечеткое множество получается субнормальным,  
 $x$ -вектор, для координат.

Порядок задания параметров выглядит так:  $[a_1 c_1 a_2 c_2]$

На основе полученных данных разработана нейронная сеть на нечетких множествах с использованием алгоритма Mamdani (рис. 4)

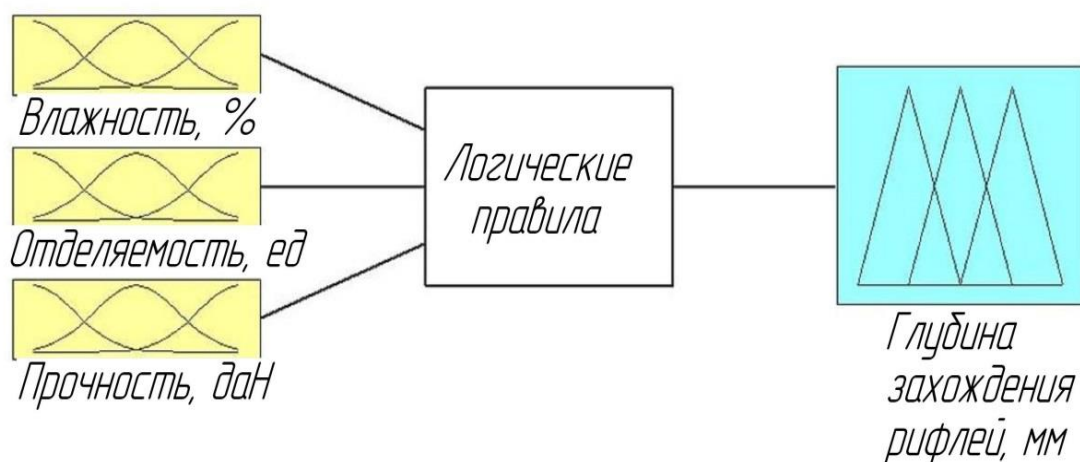


Рис. 4 Нейронная сеть с нечеткими множествами

При поступлении данных на вход нейронной сети определяются веса принадлежности к той или иной группе значений в данном случае (к

влажности, отделяемости и прочности). Затем при использовании логических правил определяются веса принадлежности к группам выходных параметров, т.е. к группам глубины захождения рифлей. Логические правила описываются такими операторами, как If (если), and (и), then (тогда), например, если отделяемость 4 ед. влажность 12%, прочность 10 даН, тогда глубина захождения 10 мм. На рис. 5. отображено формирования логических правил.

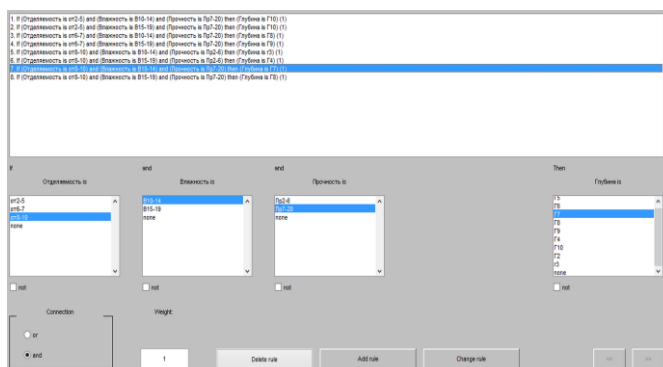


Рис. 5. Формирование логических правил

Глубина захождения рифлей условно, разделена на восемь групп, через каждый миллиметр, рис 6.

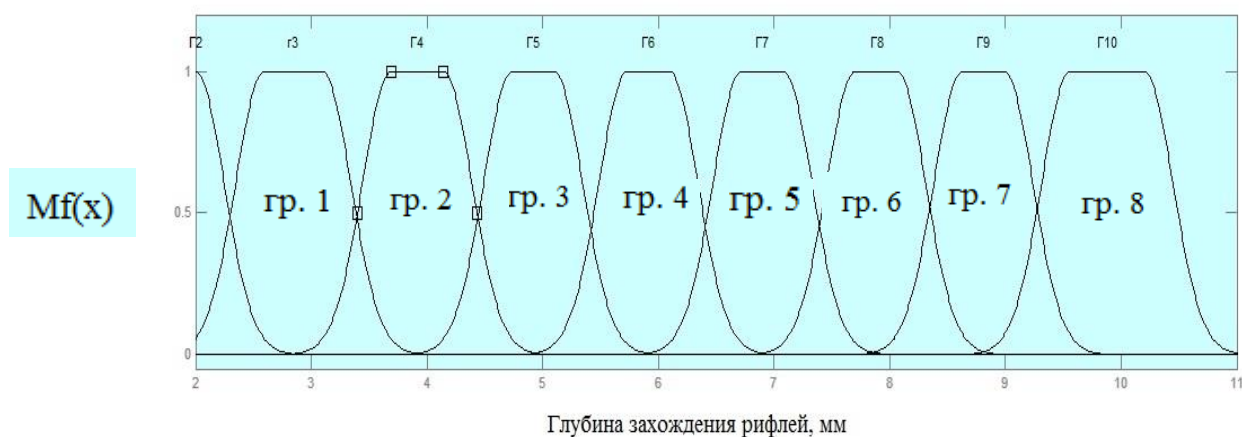


Рис 6. Разбиение тресты на группы по выходному параметру (глубине захождения рифлей)

В данном случае укрупнение групп резко снижает гибкость управления, а разбиение на более мелкие группы не будет давать существенной разницы при

переходе от группы к группе. Результат вычислений глубины захождения рифлей нужно округлить до целых значений. Нейронная сеть обладает свойствами аппроксимации, что позволяет провести вычисления глубины захождения рифлей во всем диапазоне изменений влажности и отделяемости льнотресты. В результате это дает возможность построить результирующую поверхность (рис. 7, 8).

Поскольку при проверке и обучении нейронной сети были использованы регрессионные модели, то в нее была заложена ошибка опыта 5% и ошибка измерений от датчиков 0,25%. По результатам проверки был проведен тестовый режим (таблица 2).

Работу нейронной сети можно продемонстрировать так (рис. 9):

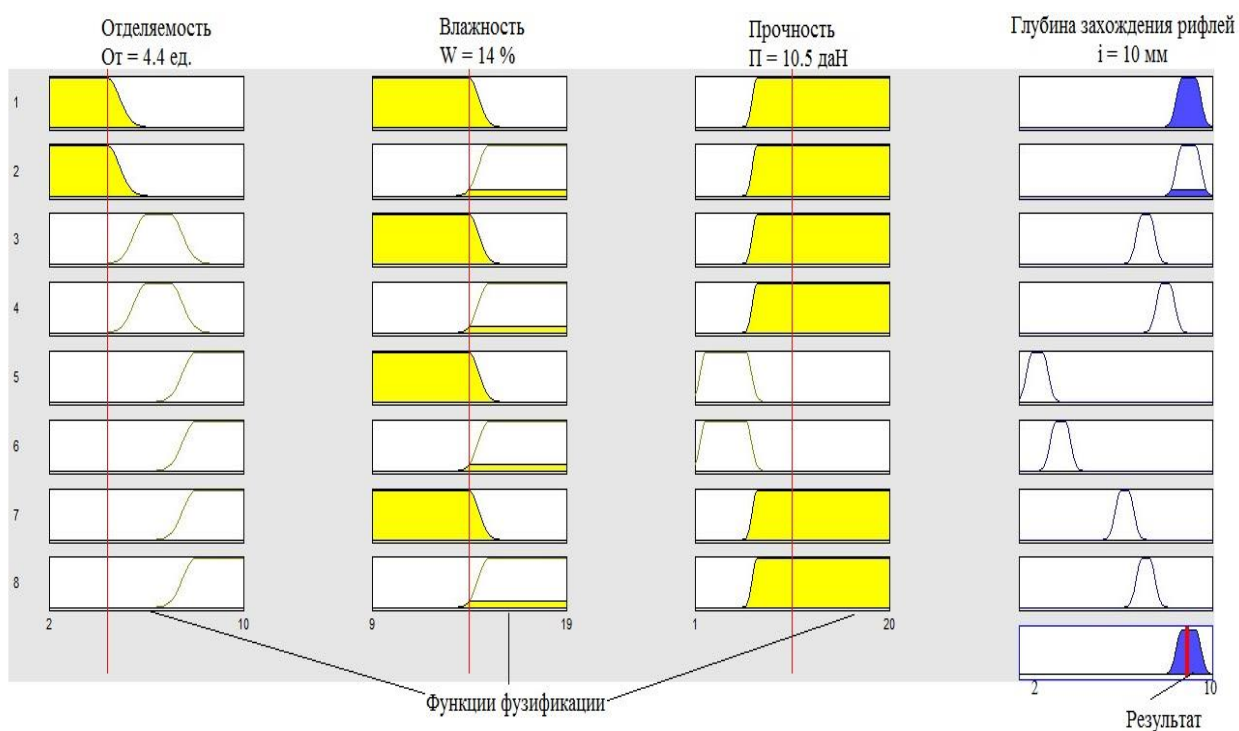


Рис. 9. Работа нейронной сети

Таблица 2

Расчет глубины захождения рифлей при помощи нейронной сети с учетом погрешности от моделей и датчиков

| Отделяемость,<br>ед. | – 6  | + 6   | Влажность,<br>% | – 6   | + 6    | Прочность,<br>даН | – 6   | + 6   | Глубина<br>захождения,<br>мм |     |
|----------------------|------|-------|-----------------|-------|--------|-------------------|-------|-------|------------------------------|-----|
|                      |      |       |                 |       |        |                   |       |       | – 6                          | + 6 |
| 4,4                  | 4,14 | 4,66  | 12              | 11,28 | 12,72  | 11                | 10,34 | 11,66 | 10                           | 10  |
| 5,5                  | 5,17 | 5,83  | 13              | 12,22 | 13,78  | 15,9              | 14,95 | 16,85 | 9                            | 9   |
| 6,8                  | 6,39 | 7,20  | 10,8            | 10,15 | 11,45  | 8,9               | 8,37  | 9,43  | 8                            | 8   |
| 8                    | 7,52 | 8,48  | 11              | 10,34 | 11,66  | 10                | 9,40  | 10,60 | 7                            | 7   |
| 9                    | 8,46 | 9,54  | 12,7            | 11,94 | 13,46  | 14                | 13,16 | 14,84 | 7                            | 7   |
| 10                   | 9,4  | 10,6  | 19              | 17,86 | 20,14  | 12                | 11,28 | 12,72 | 8                            | 8   |
| 5,3                  | 4,98 | 5,61  | 15,6            | 14,67 | 16,56  | 9                 | 8,46  | 9,54  | 9                            | 9   |
| 9                    | 8,46 | 9,54  | 13,6            | 12,78 | 14,42  | 2,7               | 2,54  | 2,86  | 3                            | 3   |
| 9,9                  | 9,30 | 10,49 | 10,2            | 9,59  | 10,812 | 12                | 11,28 | 12,72 | 7                            | 7   |
| 10                   | 9,40 | 10,60 | 10,8            | 10,15 | 11,45  | 9,9               | 9,31  | 10,49 | 7                            | 7   |
| 5,8                  | 5,45 | 6,15  | 17,8            | 16,73 | 18,87  | 7,8               | 7,33  | 8,27  | 9                            | 9   |
| 8,5                  | 7,99 | 9,01  | 15              | 14,10 | 15,90  | 2                 | 1,88  | 2,12  | 3                            | 3   |
| 9,3                  | 8,74 | 9,86  | 14              | 13,16 | 14,84  | 3                 | 2,82  | 3,18  | 3                            | 3   |
| 8                    | 7,52 | 8,48  | 17              | 15,98 | 18,02  | 7,9               | 7,43  | 8,37  | 8                            | 8   |
| 3,9                  | 3,67 | 4,13  | 19              | 17,86 | 20,14  | 5                 | 4,70  | 5,30  | 9                            | 9   |
| 5,7                  | 5,36 | 6,04  | 12              | 11,28 | 12,72  | 6                 | 5,64  | 6,36  | 9                            | 9   |
| 8                    | 7,52 | 8,48  | 13              | 12,22 | 13,78  | 10                | 9,4   | 10,6  | 7                            | 7   |

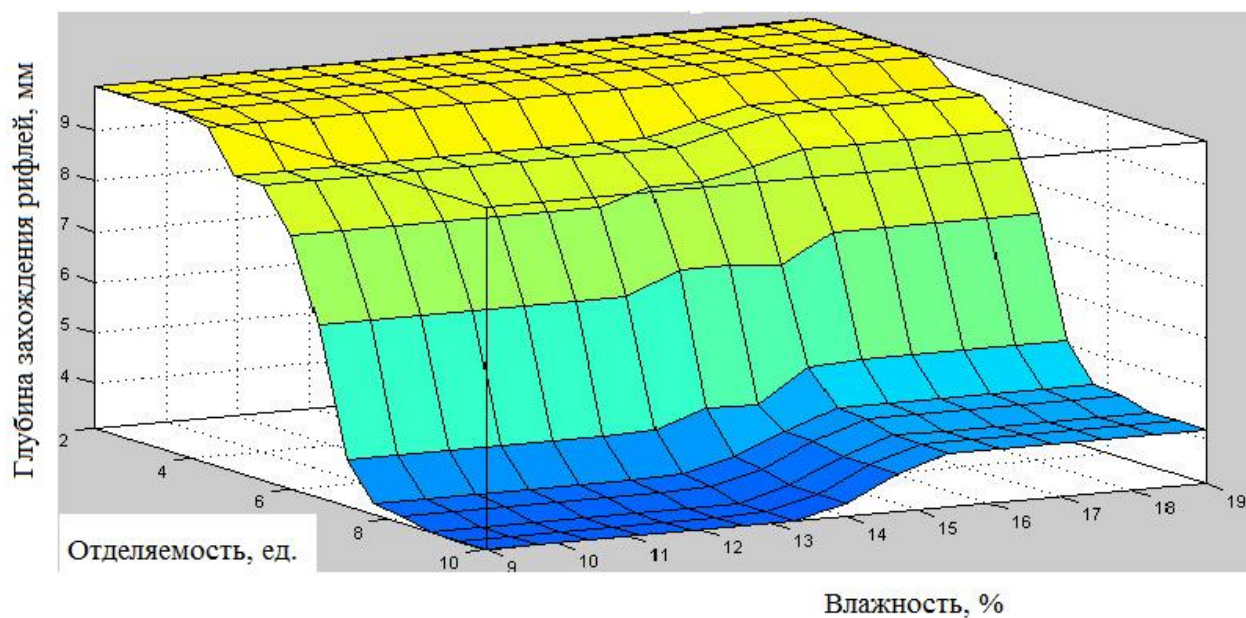


Рис. 7. Результирующая поверхность при прочности льнотресты 6 даН.



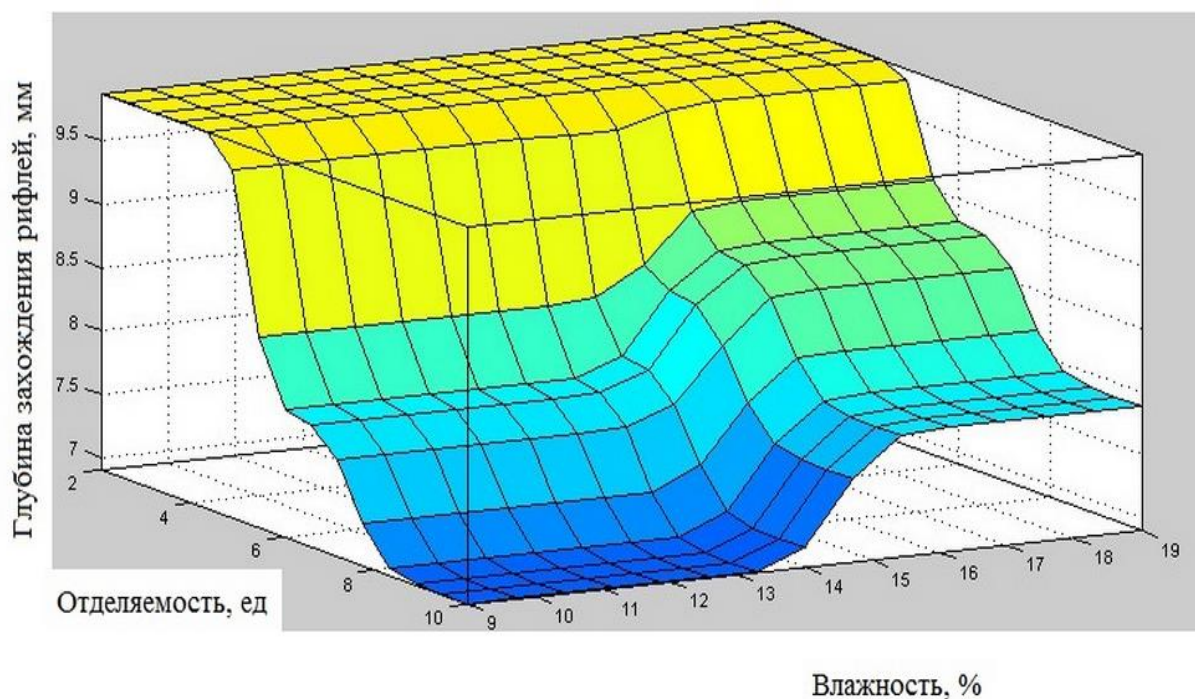


Рис. 8. Результирующая поверхность при прочности льнотресты 14 даН.

Как следует из рис. 7, 8 наибольшая глубина захождения необходима при низкой отделяемости, высокой влажности и прочности льнотресты, а область наименьшей глубины захождения приходится на зону высокой отделяемости и низкой влажности и прочности льнотресты.

Выводы.

1. Создана нейронная сеть для управления процессом мятья.
2. Был реализован тестовый режим работы нейронной сети.



### Список литературы

1. Официальная интернет-страница Проектирование систем управления [Электронный ресурс] / Электрон, дан. 2013 – Режим доступа <http://matlab.exponenta.ru>
2. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 2004. – 344 с.: ил.
3. Дьячков, В.А. Теоретические основы технологии производства лубяных волокон: монография / В.А. Дьячков – Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. университета, 2009. – 271 с.
4. В.Г. Дроздов, Л.В. Мочалов// Определение влияния различных факторов на результат механической обработки льнотресты на мяльной машине Сборник трудов молодых ученых. Выпуск – 10 часть 1.
5. В.Г. Дроздов, Л.В. Мочалов// Исследование влияние отделяемости и влажности тресты на технологическую эффективность Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №4С. С.53...55

6. Л.В. Мочалов, В.Г. Дроздов, М.С. Енин// Многофакторные исследования процесса промина льняной тресты. Электронный журнал КГТУ. «Научный вестник» 2015, №1 – Кострома
7. Справочник по заводской первичной обработке льна/ Под общ. ред. В.Н. Храмцова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 512 с.
8. Марков В.В., Суслов Н.Н., Трифонов В.Г., Ипатов А.М. Первичная обработка лубяных волокон. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 416 с.
9. Барбаков М.М. Влияние числа однотипных пар вальцов в наборе, шага рифлей и разводки в мяльной паре на эффективность промина льняной тресты. В сб. НИР КТИ. – Л.: Гизлегпром, 1958. – С.118-126.