МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
Профиль «Технология машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему «Повышение эффективности термосиловой обработки на основе нейросетевого моделирования»

Студент	В. В. Гасс		
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)	
Руководитель	Д. А. Расторгуев		
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)	
Консультанты	Н. В. Зубкова		
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)	
	К. Ш. Нуров		
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)	
	В. Г. Виткалов		
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)	

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой
к.т.н, доцент _____А.В. Бобровский
(личная подпись)

«_____»_____2016 г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____А.В.Бобровский

«___» _____2016г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

(уровень бакалавра)

направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

профиль «Технология машиностроения»

Студент _*Гасс Владимир Владимирович*_____гр.__*МСб-1203*__

1. Тема _____*Повышение эффективности термосиловой обработки на основе нейросетевого моделирования*_____

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «__» _2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе _*Материалы преддипломной практики*_____

4. Содержание выпускной квалификационной работы (40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение, цель работы

1) Описание исходных данных

2) Технологическая часть работы

3) Проектирование установки для термосиловой обработки

4) Научные исследования

5) Безопасность и экологичность технического объекта

6) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список используемой литературы

Приложения

УДК 621.9

АННОТАЦИЯ

Гасс В.В. Выпускная квалификационная работа. Повышение эффективности термосиловой обработки на основе нейросетевого моделирования.

Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства.

ТГУ: Тольятти, 2016г., 69с., 11 л. формата А1, 1 л. формата А2.

Целью выпускной квалификационной работы является исследование возможности применения нейросетевого моделирования для повышения эффективности термосиловой обработки.

В данной работе были рассмотрены принцип проведения термосиловой обработки маложестких деталей (МЖД) в стапеле и структуры нейронных сетей. Было проведено исследование влияния изменения различных параметров нейронной сети на успешность её обучения и сделаны выводы о выполнение ею поставленных задач. Также был разработан технологический процесс изготовления вала, который подвергается термосиловой обработке.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ……...……...……..6
1. ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ…….7
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ……...….20
2.1. Анализ исходных данных...…….……..20
2.2. Расчет припусков на механическую обработку……..21
2.3. Разработка технологического маршрута и схем базирования…...……23
2.4. Расчет режимов резания…...……..…….26
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМОСИЛОВОЙ ОБРАБОТКИ…….31
4. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ…….…. ……..……..34
5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА…….…. ……..……..48
5.1. Конструктивно-технологическая характеристика объекта……48
5.2. Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков……48
5.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков...50
5.4. Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта……52
5.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта……54
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ……...57
6.1 Определение содержания и последовательности выполнения научно-исследовательской работы (НИР)……57
6.2 Определение трудоёмкости и длительности цикла выполнения работ….57
6.3 Расчёт сроков свершения событий до оптимизации сетевого графика….60
6.4 Определение состава и фонда заработной платы…….62
6.5 Определение затрат на НИР……...63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……65

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……..….66
ПРИЛОЖЕНИЯ…….…69

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Нейронные сети (НС) используются во многих областях деятельности человека, таких как: тяжелая и легкая промышленность, экономика, самолетостроение, космонавтика, нефтегазовая промышленность, робототехника, медицина и во многих других областях. Они применяются там, где необходимо решать задачи по классификации, прогнозированию и управлению. Если рассматривать промышленность, то НС применяются для контроля работы машин и их диагностики, управления производственными процессами, контроля готовой продукции, исследования химических веществ и проверки качества различных операций. На такое обширное применение есть несколько причин:

- Нейронные сети – это метод моделирования, который позволяет воспроизводить достаточно сложные зависимости. Они позволяют решать задачи, где линейная аппроксимация не может предоставить удовлетворительные результаты. НС имеет возможность моделировать линейные зависимости, оперируя большим числом переменных.
- НС достаточно просты в использовании, они имеют возможность самообучения. Пользователю нужно только подобрать исходные данные и запустить алгоритм обучения. В этом случае запас необходимых знаний гораздо меньше, чем при традиционных методах.

НС берут за основу биологические модели нервных систем. Они появились при попытках воссоздать способность обучаться и находить и исправлять ошибки, которую имеют биологические нервные системы. В будущем это может привести к созданию искусственного интеллекта.

Целью выпускной квалификационной работы является исследование возможности применения нейросетевого моделирования для повышения эффективности термосиловой обработки.

1. ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

В данной главе будут рассмотрены структуры и типы нейронных сетей [11-14] и термосиловая обработка МЖД в стапеле, а также был проведен анализ упругопластических деформаций [5, 7, 10].

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – это модель, основанная на биологической нейронной сети, рисунок 1.1., состоящая из элементов, которые влияют друг на друга.

Преимущества нейронных сетей, которыми обусловлено внедрение их в процесс ТСО:

1) Гибкость – нейронные сети имеют обширную область применения.
2) Ассоциативная память.
3) Генерализация – легкость обучения.
4) Надежность – при понижении качества элементов сети, снижение эффективности сети происходит плавно.

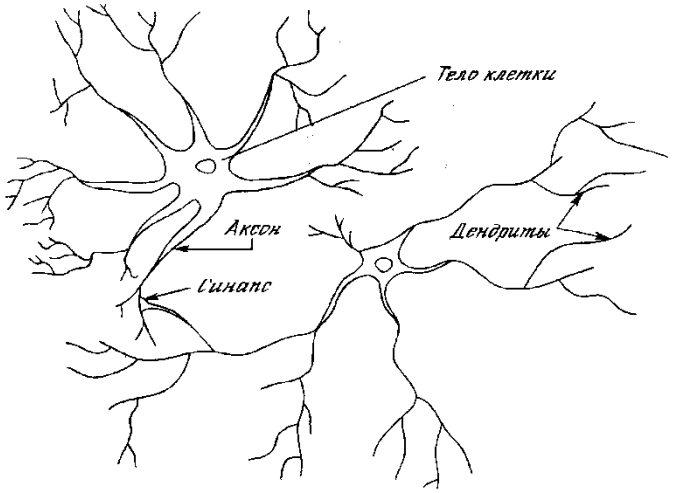


Рис. 1.1 Биологическая НС

Модель, представленная на рисунке 1.2, обладает следующими качествами:

- Преобразование взвешенного суммарного воздействия определяет активность нейронов.

- Эти воздействия могут быть как активирующими (положительные веса) (1.1), так и замедляющими (отрицательные веса) (1.2).

$$a_i = \sum_{j=1}^{i} w_{ij} x_j \tag{1.1}$$

$$y_i = \Phi(a_i) = \Phi\left(\sum_{j=1}^{N} w_{ij} - U_i\right) \tag{1.2}$$

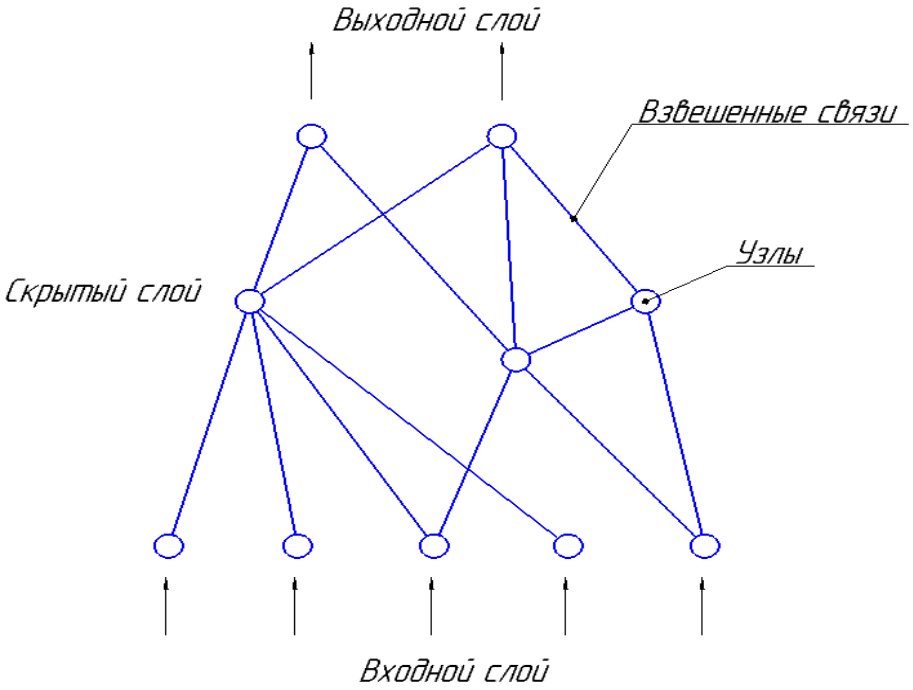


Рис. 1.2 Модель ИНС

По типу функции активации нейронные сети подразделяются на:

1) Линейная с функцией $\Phi(a_i) = ka_i$
2) Ступенчатая с функцией $\Phi(a_i) = \begin{Bmatrix} 1: \sum_{j=1}^{N} w_{ij} x_i > U_i \\ 0: Otherwise\ (остальное) \end{Bmatrix}$
3) Сигмоидальная функция $\Phi(a_i) = \frac{1}{1+e^{-ka_i}}$

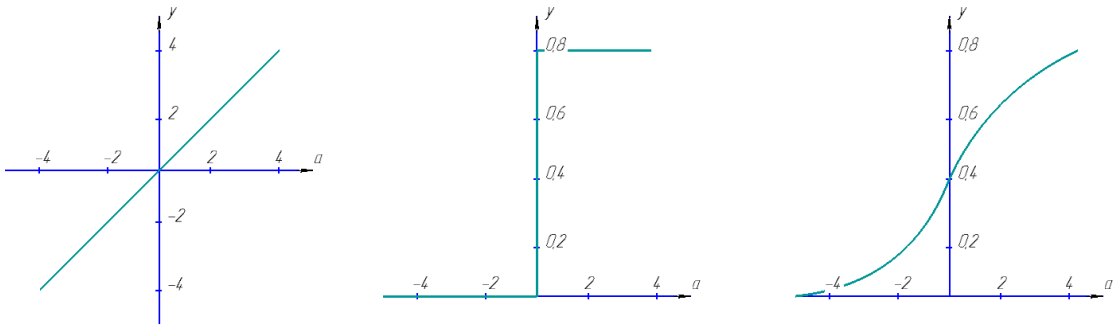


Рис 1.3 Функции активации

Далее рассмотрим структуру НС. Нейроны являются элементарными ячейками, из которых состоит ИНС (рисунок 1.4). Количество слоев (рисунок 1.5) подразделяют ИНС на однослойные (рисунок 1.6) и многослойные (рисунок 1.7) сети.

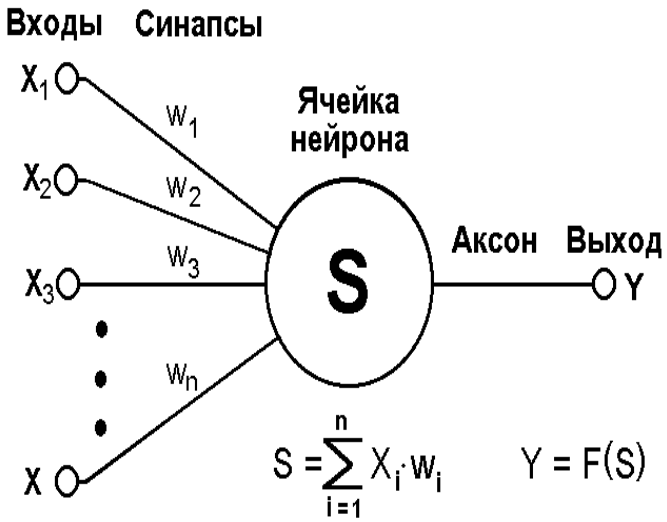


Рис. 1.4 Структура нейрона

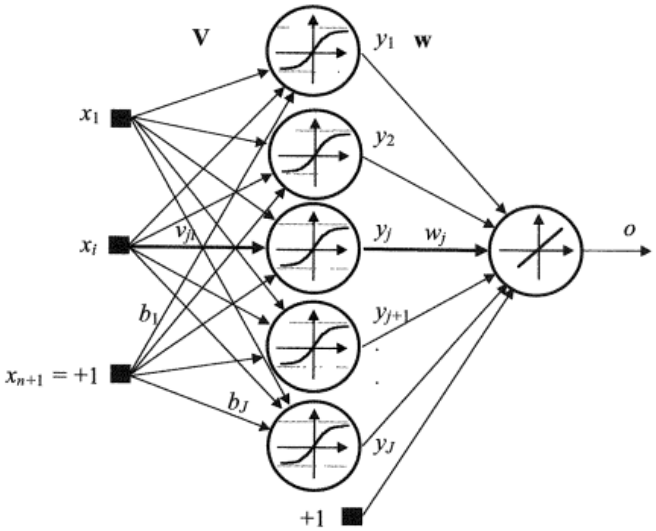


Рис. 1.5 Слой искусственной нейронной сети

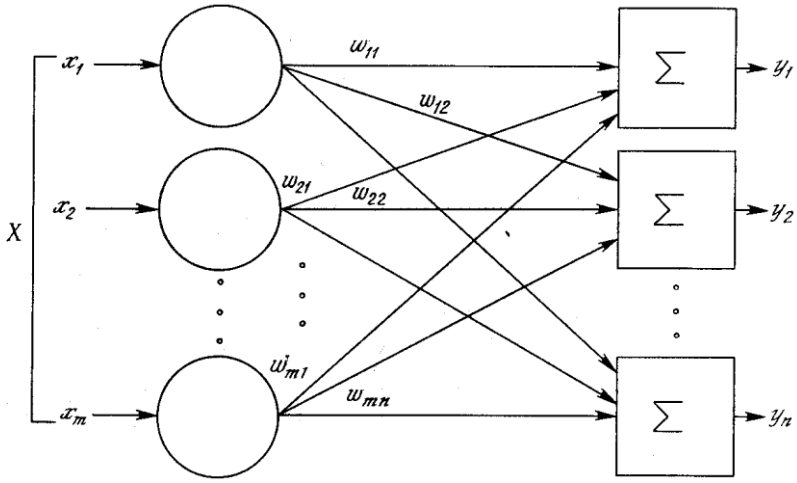


Рис. 1.6 Однослойная нейронная сеть

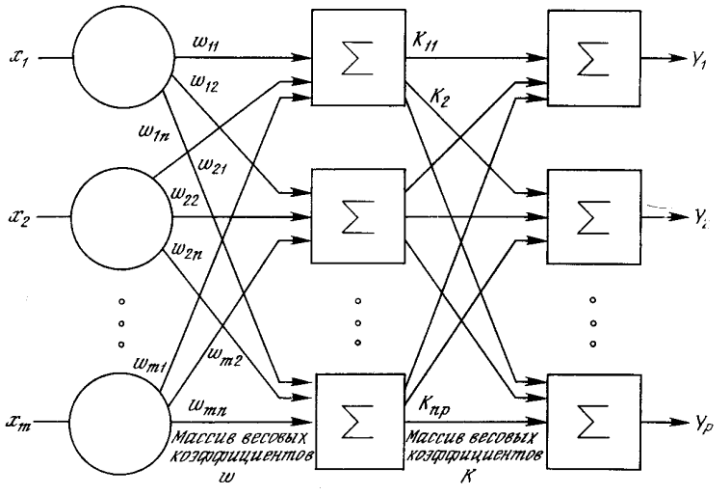


Рис. 1.7 Многослойная нейронная сеть

Определение модели сети является первым этапом работы с нейронными сетями.

Для того чтобы ИНС вела себя в соответствие с нашими желаниями, необходимо настраивать и изменять её параметры. Это является основным принципом работы с ними. Регулирую определенные параметры, мы можем обучить сеть на выполнение определенного спектра задач. Одним из главных преимуществ будет то, что ИНС будет сама подстраивать свои параметры для достижения нужного результата.

Архитектуру сети выбирают в соответствии с поставленными задачами. Определяется количество слоев и нейронов в каждом из слоев, функции активации каждого слоя и способ соединения слоев друг с другом.

Классификация базовых нейронных сетей.

1) Персептроны – это простейшие однослойные сети. Они созданы для решения задач по классификации. Отличаются высоким быстродействием.

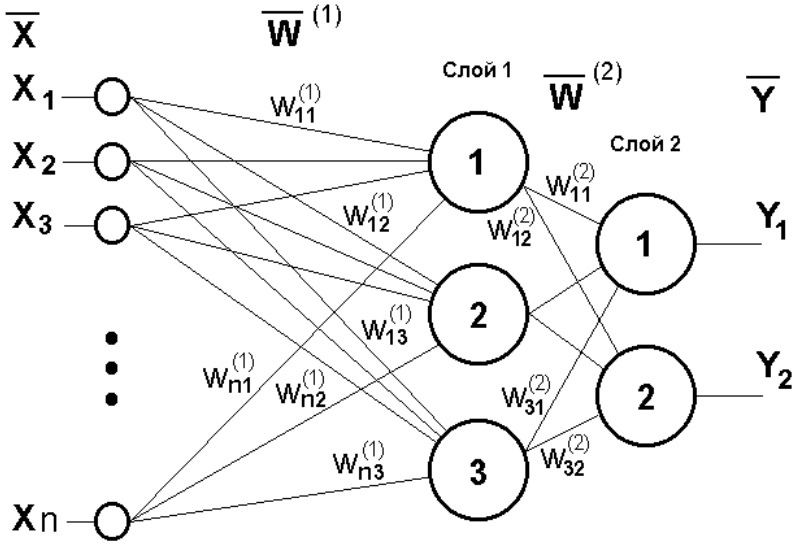


Рис. 1.8 Структура двухслойного персептрона

2) Линейные ИНС – структура имеет сходство с персептронами. Имеют только одно отличие – линейная функция активации.

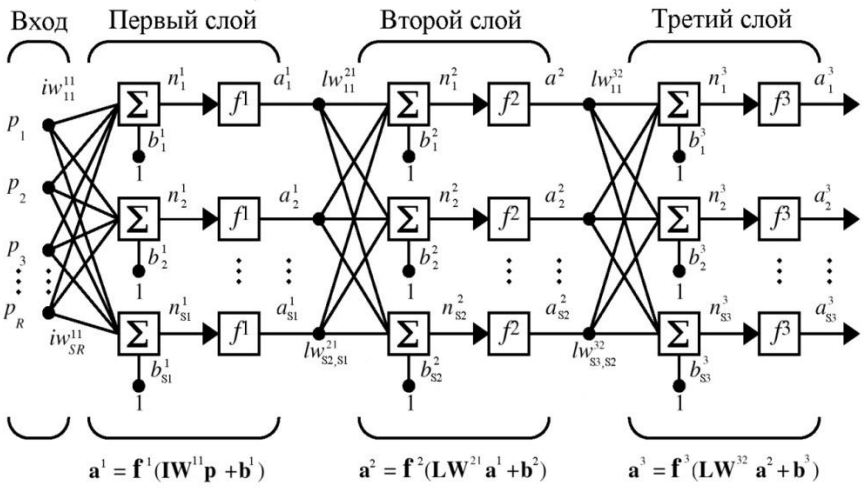


Рис. 1.9 Структура многослойной линейной нейронной сети

3) Радиальные базисные сети. В них находится гораздо больше нейронов, чем в других сетях, которые имеют прямую передачу сигнала. Эта сеть обучается при помощи обратного распространения ошибки. Главным достоинством этих сетей является минимальные временные затраты на обучение.

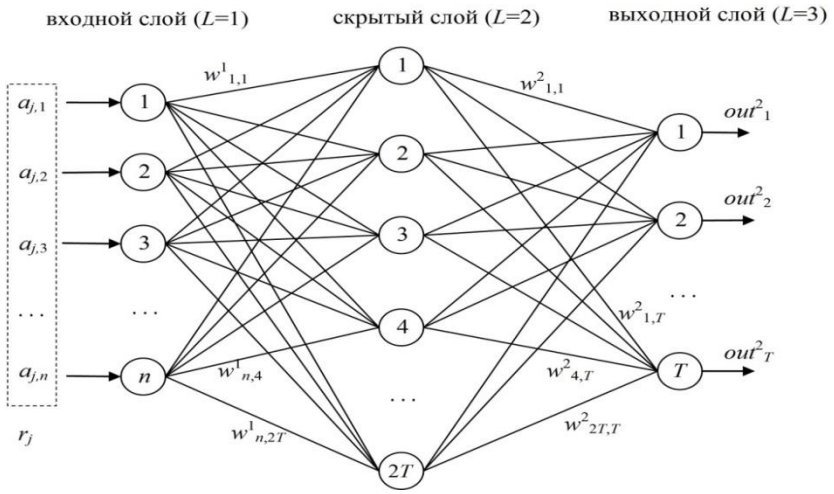


Рис. 1.10 Структура многослойной радиально базисной сети

Также существуют два подтипа данной сети – сеть GRNN (Generalized Regression Neural Networks) и сеть PNN. Сеть GRNN используется для проведения анализа временных рядов, решения обобщенных регрессий и задач упрощения зависимостей. Отличие только в том, что блок,

используемый во втором слое, применяется для определения нормированного скалярного произведения векторов входа и массивов строк.

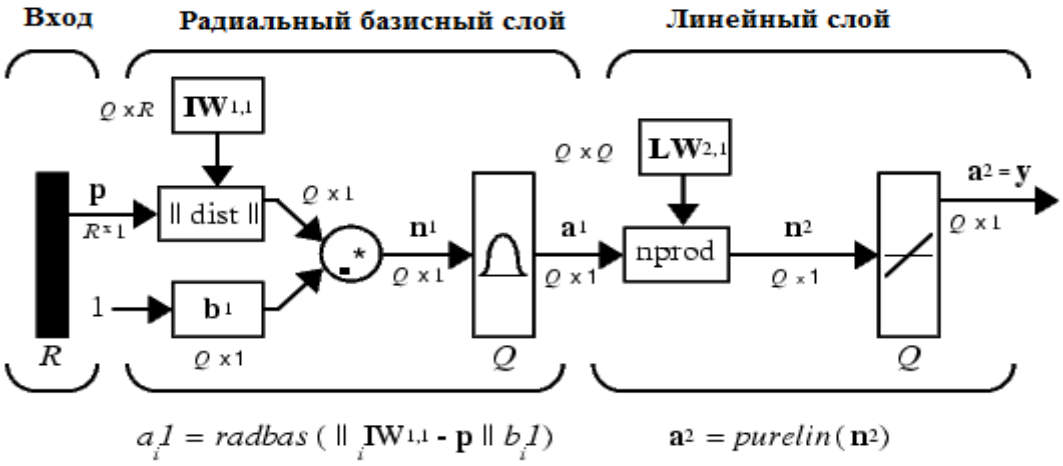


Рис. 1.11 Структура GRNN сети

Сеть PNN (Probabilistic Neural Networks) используется для решения вероятностных задач. Отличие заключается в том, что второй слой является конкурирующим. Он определяет вероятность принадлежности входного вектора к нужному классу.

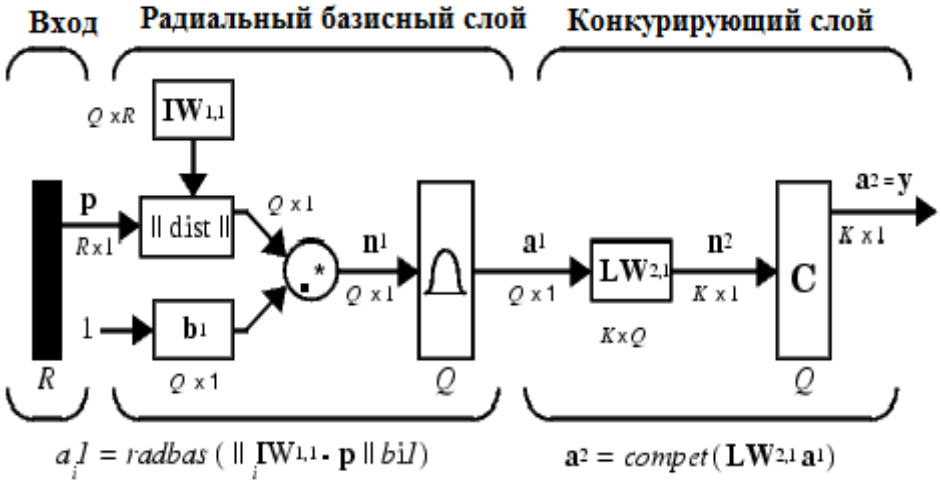


Рис. 1.12 Структура PNN сети

4) Слой Кохонена – это нейронная сеть, имеющая одни слой, задача которой состоит в группировке входных векторов. Имеет самоорганизацию и конкурирующую функцию активации.

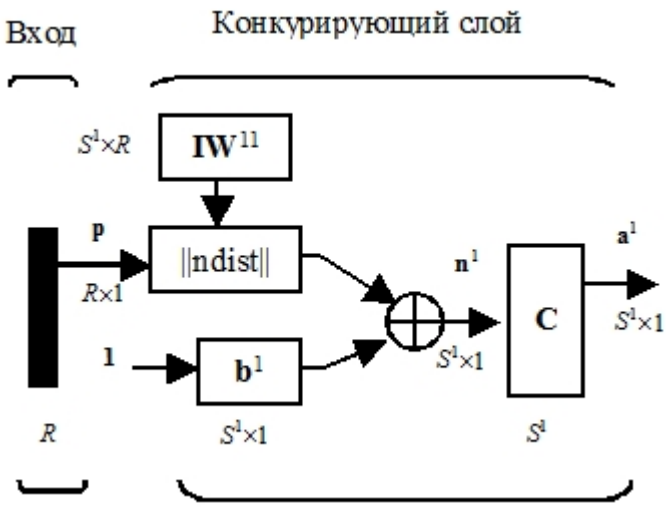


Рис. 1.13 Структура слоя Кохонена

5) Карта Кохонена – отличается от слоя Кохонена только тем, что в ней отсутствует смещение.

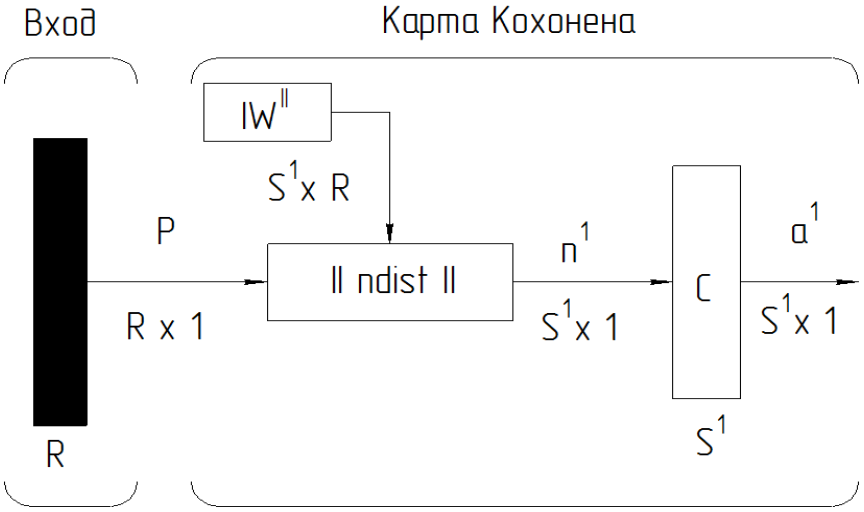


Рис. 1.14 Структура карты Кохонена

6) LVQ (Learning Vector Quantization) - выполняет группировку и классификацию входных векторов. Группировкой векторов занимается конкурирующий слой, а линейный определяет принадлежность векторов к нужному классу.

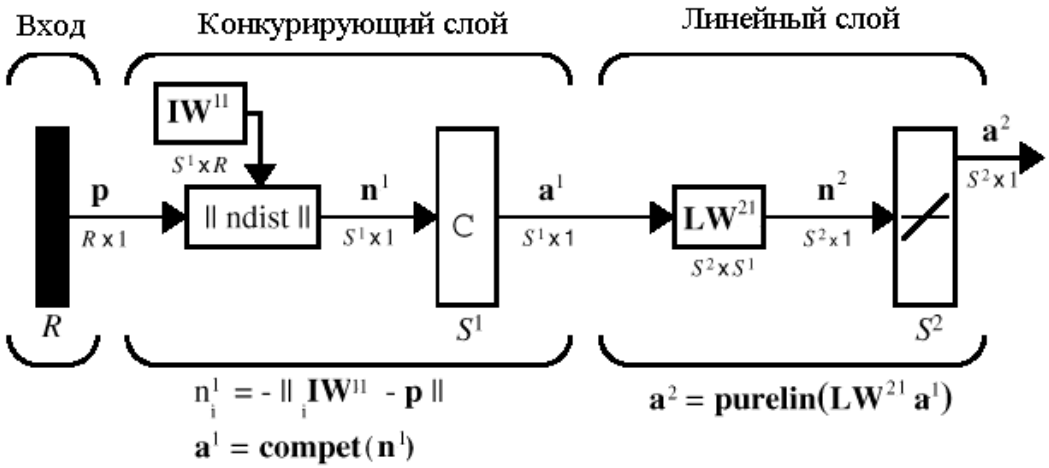


Рис. 1.15 Структура LVQ-сети

7) Рекуррентные сети – имеют блоки динамической задержки и обратной связи, позволяющие обрабатывать динамические модели. Они разделяются на сеть Элмана и сеть Хопфилда.

Структура сети Элмана позволяет на основе полученного, в предыдущих экспериментах, опыта разрабатывать стратегию управления, что применяется для управления перемещающимися объектами.

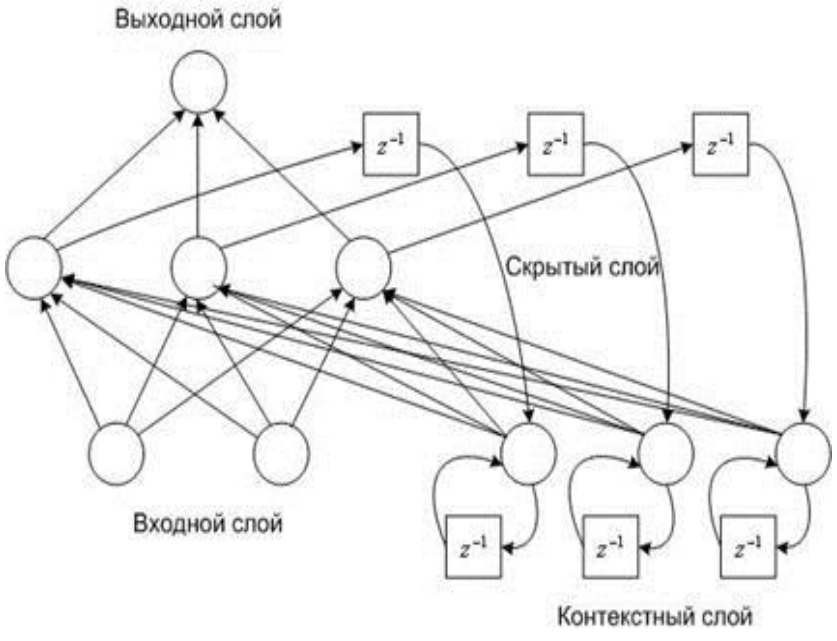


Рис. 1.16 Структура сети Элмана

Сеть Хопфилда – состоит из большого количества точек равновесия и создана на основе рекуррентной сети. При создании начальных условий, которыми могут быть один или несколько входных векторов, в одной из

точек формируется состояние равновесия. Затем создается выход, который отправляется на вход. Эти действия повторяются, пока выходной вектор не сформирует состояние равновесия. Каждый выходной вектор должен приблизиться к точке равновесия, максимально близкой к входному сигналу.

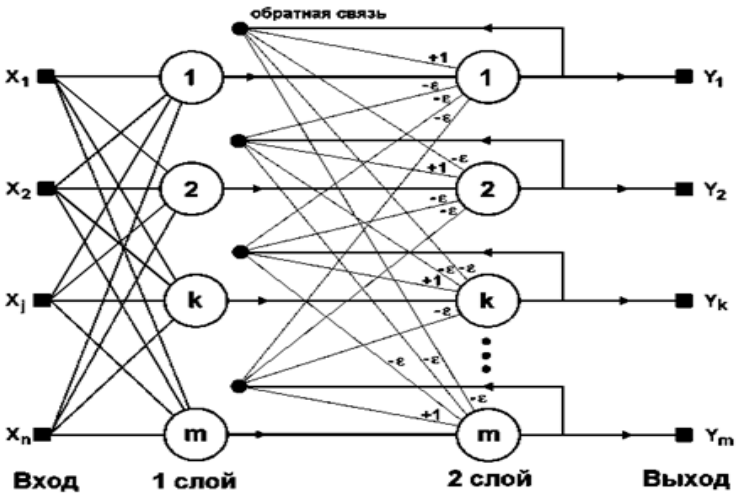


Рис. 1.17 Архитектура сети Хопфилда

Далее рассмотрим термосиловую обработку МЖД в стапеле.

Применение стапеля при ТСО предназначено для увеличения равномерности параметров МЖД за счет создания равномерных остаточных осевых напряжений и направления структуры материала по длине.

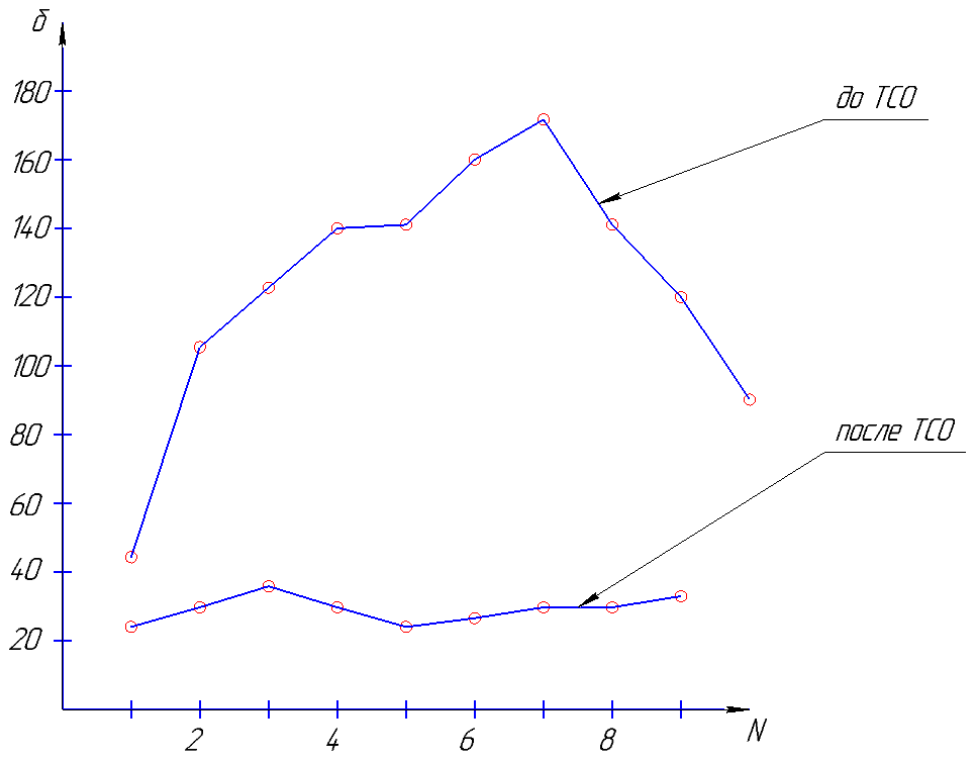


Рис 1.18 График результатов ТСО

Этот процесс обеспечивает однородное распределение пластических деформаций по всему объему заготовки, выравнивание физико-механических свойств материала и существенно снижает уровень остаточных напряжений, что приводит к понижению коробления изделия.

Суть ТСО в том, что на заготовку устанавливают распорные втулки и закрепляют в стапеле, состоящем из нескольких слоев. Различие в степени температурных удлинений, которое создается путем подбора материалов с различным коэффициентом расширения, приводит к появлению необходимых усилий. Это различие в коэффициентах приводит к тому, что стапель и втулки расширяются больше, чем заготовка. Большая теплоемкость приводит к тому, что они медленнее остывают. Это позволяет сохранять нужное усилие на протяжении всего процесса.

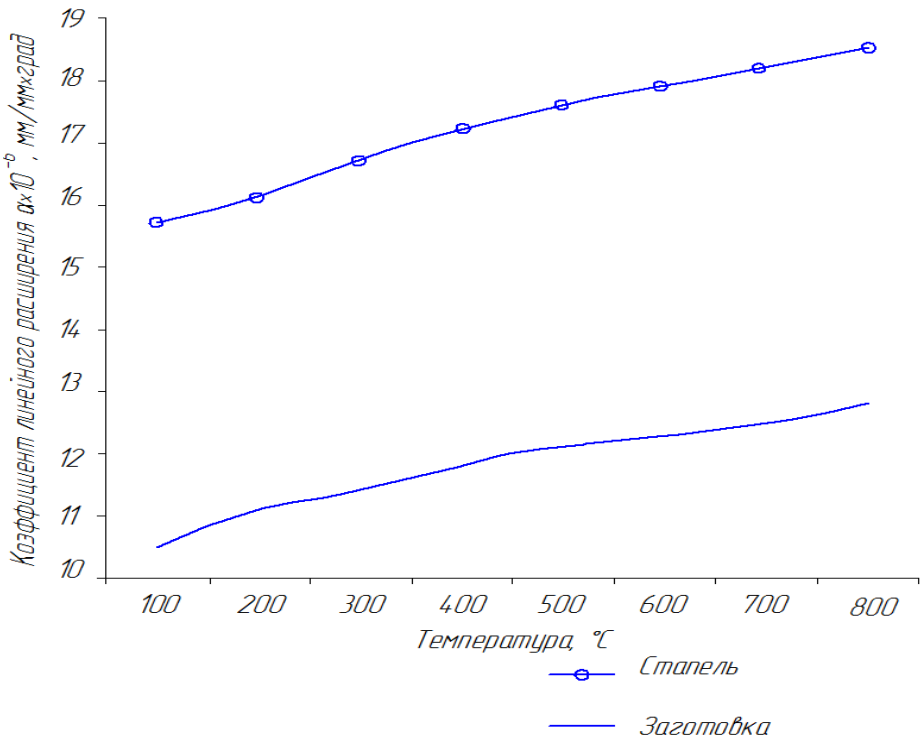


Рис 1.19 Зависимость удлинения стапеля и заготовки от нагрева

Зависимость деформация-напряжение, показанная на рисунке 1.20, имеет значительную степень нелинейности и разбита на участки: полочка, которая является линейной и участка упрочнения. Изменение температуры при деформации довольно сильно усложняет процесс.

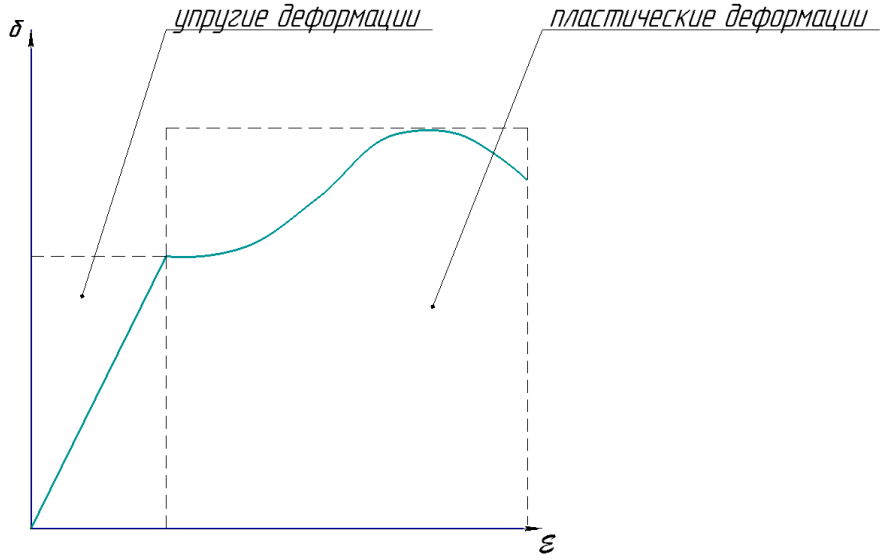


Рис. 1.20 График зависимости деформация-напряжение

Для максимального снижения коробления МЖВ необходимо предоставить удовлетворительное развитие фазового превращения, т.к. в

процессе мартенситного превращения $\alpha \rightarrow \gamma$ снижает степень упрочнения и начинает деформироваться. При температурах закалки область остаточных напряжений понижается к нулю, одинаково по сечениям и слой наклепа снимается полностью. Поддержание такого состояния при охлаждении является трудностью, т.к. при остывании и разгрузке условие совместимости упругопластических деформаций не выполняется.

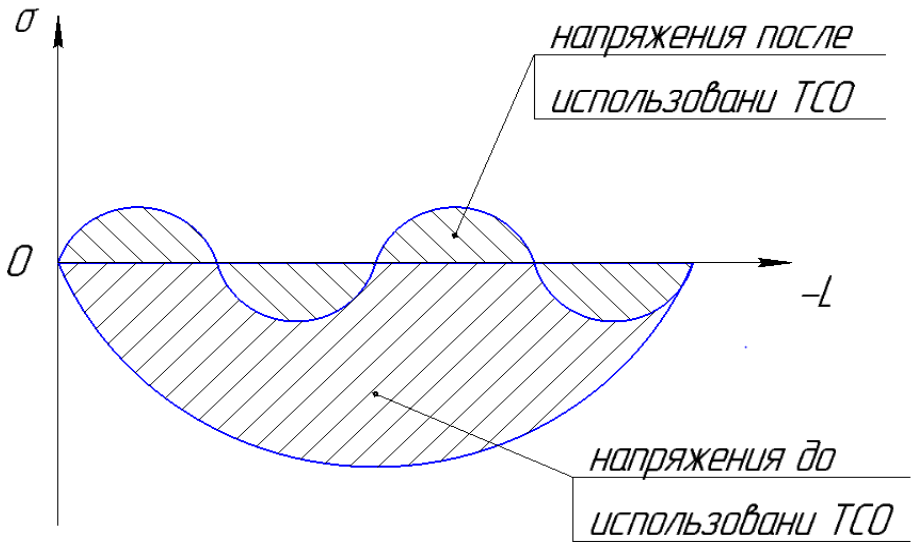


Рис. 1.21 Распределение напряжений в продольном направление заготовки

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

2.1 Анализ исходных данных.

Деталь “Вал ” предназначена для передачи крутящего момента при помощи шпоночного паза. Деталь работает в условиях сосредоточенной знакопеременной нагрузки. Трение происходит по шейкам, подшипникам. Опасными сечениями являются проточки для выхода шлифовального круга.

На рисунке 2.1 показан эскиз вала, а в таблице 2.1 – классификация поверхностей вала.

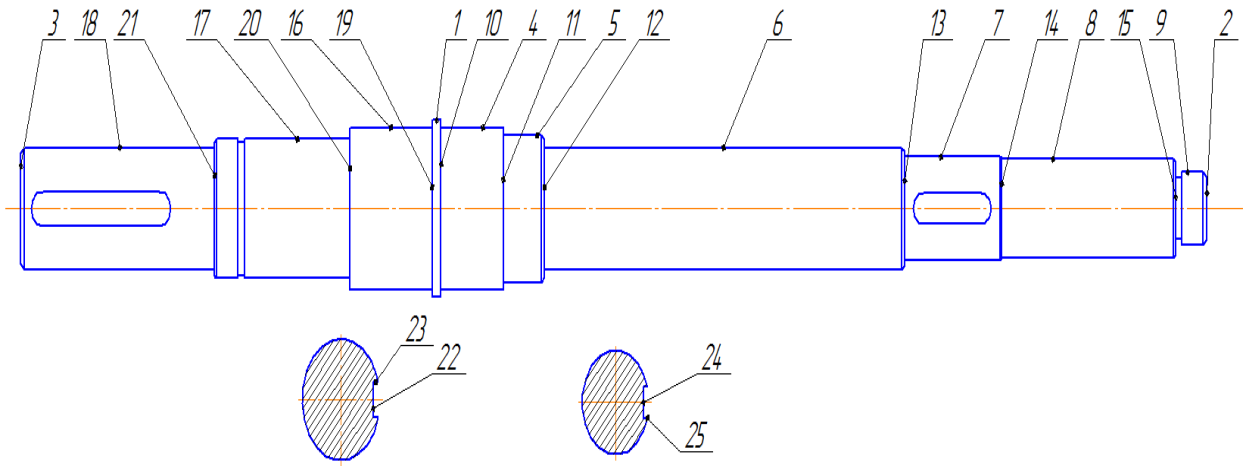


Рис. 2.1 Эскиз вала

Таблица 2.1 - Классификация поверхностей вала

Вид поверхности	№ поверхности
Основные конструкторские базы	5,20,11,17
Вспомогательные конструкторские базы	22,21,24,7,18,13,16,19,4,10
Исполнительные базы	23,25,9
Свободные базы	1,2,3,6,8,12,14,15

Материал детали - сталь 40Х по ГОСТ 4543-71 и обладает следующими характеристиками:

Таблица 2.2 - Характеристика стали 40Х

Марка стали	C в %	Si в %	Cr в %	Mn в %	Ni в %
40Х	0,36-0,44	0,17-0,37	0,8-1,1	0,5-0,8	до 0,3

Твердость. В состоянии поставки – 217 НВ, после закалки – 43 HRC

Прочность. До закалки 690 МПа, после закалки 980 МПа.

Заготовку можно получить как из проката, так и обработкой давлением - штамповкой. Ввиду достаточно большого размера детали, изготовление штампа является не целесообразно с экономической точки зрения. Поэтому заготовку получаем из проката.

2.2.Расчет припусков на механическую обработку.

Расчетно-аналитическим методом определим припуски на механическую обработку $\emptyset 80к6\left(^{+0,021}_{+0,002}\right)$.Этот метод предполагает расчет припуска по элементам с учетом последовательности обработки данной поверхности и с использованием расчетной карты. Последовательность обработки цилиндрической поверхности 6 квалитета точности с шероховатостью Ra=0,8, включает в себя следующие методы: точение черновое, точение чистовое, термосиловая обработка ,шлифование черновое, шлифование чистовое.

Таблица 2.3 - Припуски на обработку

N	Переходы	Квалитет	Допуск	Составляющие припуска, мм			Предельные размеры, мм		Предельные припуски, мм	
				a	Δ	ε	D_{min}	D_{max}	Z_{min}	Z_{max}
0	Прокат	14	+0,74	0,09	0,185	0	81,29	82,03	-	-

Продолжение таблицы 2.3

1	Точение черновое	11	+0,190	0,13	0,0475	0,00385	80,74	80,93	0,275	1,74
2	Точение чистовое	9	+0,074	0,035	0,0185	0,00245	80,38	80,46	0,1775	0,309
	ТСО	10	+0,120	0,09	0,03	0	-	-	-	-
3	Шлифование черновое	8	+0,045	0,06	0,01125	0,00095	80,14	80,19	0,12	0,203
4	Шлифование чистовое	6	+0,019	0,02	0,00475	0	80,002	80,021	0,0714	0,1039

Расчет ведется по следующим формулам [2]:

Минимальный расчетный припуск:

$$Z_{min}^{i} = a^{i-1} + \sqrt{(\Delta^2)^{i-1}} + (\varepsilon^2)^{i-1}, \text{ мм} \quad (2.1)$$

где a^{i-1} – глубина дефектного слоя с предыдущей операции, мм;

Δ^{i-1} – суммарное значение пространственных отклонений с предыдущей операции, мм;

ε^{i-1} – погрешность установки с предыдущей операции, мм.

Минимальный диаметр для каждого перехода:

$$D_{min}^{i-1} = D_{min}^{I} + 2Z_{min}^{i}, \text{ мм} \quad (2.2)$$

Максимальный размер для каждого перехода:

$$D_{max}^{I} = D_{min}^{I} + JT, \text{ мм} \quad (2.3)$$

где JT – допуск на обработку, мм.

$$Z^i_{max} = Z^i_{min} + 0{,}5(JT + JT^{i-1}), \text{ мм} \quad (2.4)$$

Предельное значение припусков:

$$2Z^i_{max} = D^{I-1}_{max} - D^I_{max}, \text{ мм} \quad (2.5)$$

$$2Z^i_{min} = D^{i-1}_{min} + D^i_{min}, \text{ мм} \quad (2.6)$$

Проверка:

$$2Z^i_{max} - 2Z^i_{min} = JT^{i-1} - JT^i \quad (2.7)$$

2.3.Разработка технологического маршрута и схем базирования.

Таблица 2.4 - Выбор методов обработки поверхностей

Номер поверхности	Квалитет JT	Шероховатость	Маршрут
1	11	6,3	Тч-ТСО
2	11	6,3	Тч-ТСО
3	11	6,3	Тч –ТСО
4	8	1,25	Тч –Т-ТСО-Шч
5	6	0,8	Тч-Т-ТСО-Шч-Ш
6	11	6,3	Тч-ТСО
7	6	1,25	Тч-Т-ТСО-Шч-Ш
8	11	6,3	Тч-ТСО
9	9	2,5	Тч-Т-ТСО
10	8	1,25	Тч-Т-ТСО-Шч
11	8	1,25	Тч-Т-ТСО-Шч
12	11	6,3	Тч-ТСО
13	8	1,25	Тч-Т-ТСО-Шч
14	9	2,5	Тч-Т-ТСО
15	11	6,3	Тч-ТСО
16	8	1,25	Тч –Т-ТСО-Шч
17	6	1,25	Тч –Т-ТСО-Шч

Продолжение таблицы 2.4

18	6	1,25	Тч –Т-ТСО-Шч
19	8	1,25	Тч-Т-ТСО-Шч
20	8	1,25	Тч-Т-ТСО-Шч
21	8	1,25	Тч-Т-ТСО-Шч
22	14	6,3	Ф-ТСО
23	9	3,2	Ф-ТСО
24	14	6,3	Ф-ТСО
25	9	3,2	Ф-ТСО

Таблица 2.5 - Разработка технологического маршрута изготовления детали

N	Оборудование	Содержание операции
000-заготови-тельная, ТСО	Ленточнопильный станок СОМ-200	Отрезка заготовки и ТСО
010 Токарная	Обрабатывающий центр CAT 700	Точить цилиндрические поверхности 1,4,5,6,7,8,9,16,17,18 Подрезать торцы 10,11,12,13,14,15,19,20,21 Фрезеровать шпоночный паз 22,23,24,25
020 Термосиловая обработка	Печь шахтная, стапель	Термосиловая обработка
030 Шлифовальная	Торцекруглошлифовальный станок 3М150	Шлифовать цилиндрические поверхности 4,5,7 Шлифовать торцы 10,11,12,13
040 Шлифовальная	Торцекруглошлифовальный станок 3М150	Шлифовать цилиндрические поверхности 16,17,18 Шлифовать торцы 19,20,21
050 Шлифовальная	Торцекруглошлифовальный станок 3М150	Шлифовать цилиндрические поверхности 5
060 Шлифовальная	Торцекруглошлифовальный станок 3М150	Шлифовать цилиндрические поверхности 17
070 Моечная	Моечная машина МПП-250	
080 Контрольная	Контрольный стол	Контроль согласно рабочему чертежу

Таблица 2.6 - Выбор технологических баз

N операций	N Оп. точек	Наименование базы	Характер проявления		Реализация	
			явная	скрытая	естественная	искусственная
010	1-4 5 6	Д.Н. О О	 + +	+	+ + +	
030	1-4 5 6	Д.Н. О О	 + +	+	+ + +	
040	1-4 5 6	Д.Н. О О	 + +	+	+ + +	
050	1-4 5 6	Д.Н. О О	 + +	+	+ + +	
060	1-4 5 6	Д.Н. О О	 + +	+	+ + +	

Таблица 2.7 - Выбор средств технологического оснащения

Наименование операции	Наименование оборудования	Станочное приспособление	Режущий инструмент	Контроль измерений
000 Заготовительная	Ленточно пильный станок COM-200	Патрон цанговый 6155-0065 ГОСТ 20505-75	-	Штангенциркуль ШЦЦ-2-250 0.01 ГОСТ 166-89

Продолжение таблицы 2.7

010 Токарная	Обрабатывающий центр CAT700	Патрон цанговый 6155-0065 ГОСТ 20505-75 Люнет подвижный SK-550 Proma	Резец-вставка регулируемая Типа L16x20x20 $\varphi=91^0$ Т30К4 ГОСТ 29133-91 Прорезной резец-вставка 2120-0503 Т30К4 ГОСТ 18874-91 Концевая фреза с цилиндрическим хвостовиком типа 1 ГОСТ 17025-71	Штангенциркуль ШЦЦ-2-250 0.01 ГОСТ 166-89 Набор концевых мер
020 Термосиловая	Печь шахтная, стапель	-	-	Твердомер Роквела
030-060 Шлифовальная	Торцекруглошлифовальный станок 3М150	Патрон поводковый ГОСТ 20505-75 Люнет подвижный SK-550 Proma	Круг шлифовальный ПВК 2 600x80x120 14А F54 L7 V50 м/с 2 кл. ГОСТ Р52781-2007	Микрометр ГОСТ 6507-90 Профилометр Абрис ПМ7 ГОСТ 2789-73
070 Моечная	Моечная машина МПП-250			
080 Контрольная	Контрольный стол			Штангенциркуль ШЦЦ-2-250 0.01 ГОСТ 166-89 Профилометр Абрис ПМ7 ГОСТ 2789-73 Биенемер

2.4 Расчет режимов резания.

При расчете режимов резания использовался [1].

Расчет режимов резания для токарной операции.

Расчет:

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^{0.2} \cdot t^{0.15} \cdot S^{0.35}} \cdot K_v, \text{ м/мин;} \quad (2.8)$$

где C_V - поправочный коэффициент для наружного точения проходными резцами;

S – подача, мм/об;

t - толщина снимаемого припуска, мм;

T - стойкость инструмента, мин;

K_v – поправочный коэффициент.

Поправочный коэффициент K_v:

$$K_v = K_{mv} K_{uv} K_{nv}; \quad (2.9)$$

где K_{nv} – коэффициент учитывающий состояние поверхности заготовки;

K_{uv} – коэффициент на инструментальный материал;

K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки.

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \frac{об}{мин}; \quad (2.10)$$

где V - скорость резания, м/мин;

d - диаметр заготовки, мм.

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^1 \cdot S^{0,75} \cdot V^{-0,15} \cdot K_p, \text{ Н;} \quad (2.11)$$

где C_p – поправочный коэффициент;

K_p - поправочный коэффициент;

V - скорость резания, м/мин;

S – подача, мм/об;

t - толщина снимаемого припуска, мм;

Мощность резания:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт;} \quad (2.12)$$

где P_z – сила резания, Н;

V - скорость резания, м/мин.

Расчет режимов резания для шлифовальной операции.

Расчет:

Частота вращения детали:

$$n_Д = \frac{1000 \cdot \nu_з}{\pi \cdot d}, \text{об/мин;} \quad (2.13)$$

где $V_з$ – скорость вращения детали, м/мин;

d – диаметр заготовки, мм.

Расчетная мощность:

$$N = C_N \cdot \nu_з^{0.5} \cdot t^{0.5} \cdot s^{0.55} \cdot d^0, \text{кВт;} \quad (2.14)$$

где C_N поправочный коэффициент;

$V_з$ - скорость вращения детали, м/мин;

t - толщина снимаемого припуска, мм;

s - продольная подача, мм/об;

d - диаметр шлифования, мм.

Далее рассчитаем нормы времени для токарной и шлифовальной операции. При расчете использовался [2].

Основное время для черновой токарной операции:

$$T_0=0,1dl, \text{ мин;} \quad (2.15)$$

Основное время для чистовой токарной операции:

$$T_0=0,17dl, \text{ мин;} \quad (2.16)$$

где d – диаметр обработки, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Штучно – калькуляционное время для черновой и чистовой токарной операции:

$$T_{шк}=\varphi_к T_0, \text{ мин;} \quad (2.17)$$

где T_0 – основное время.

Основное время для черновой шлифовальной операции:

$$T_0=0,1dl, \text{ мин;} \quad (2.18)$$

Основное время для чистовой шлифовальной операции:

$$T_0=0,15dl, \text{ мин;} \quad (2.19)$$

где d – диаметр обработки, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Штучно – калькуляционное время для черновой и чистовой шлифовальной операции:

$$T_{шк}=\varphi_к T_0, \text{ мин;} \quad (2.20)$$

Результаты расчета сведем в таблицы 2.8 – 2.9.

Таблица 2.8 - Режимы резания и нормы времени для токарной операции

Токарная операция	Скорость резания V, м/мин	Частота вращения шпинделя n, об/мин	Сила резания P_z, Н	Мощность резания N, кВт	Основное время T_0, мин	Штучно-калькуляционное время $T_{шк}$, мин
черновая	134	388	1283	2,8	11,824	17,736
чистовая	350	1173	90	0,5	8,731	13,096

Таблица 2.9 - Режимы резания и нормы времени для шлифовальной операции

Шлифовальная операция	Частота вращения детали $n_д$, об/мин	Расчетная мощность N, кВт	Основное время T_0, мин	Штучно-калькуляционное время $T_{шк}$, мин
черновая	100	1,3	4,75	7,362
чистовая	119	0,88	1,56	2,418

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМОСИЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

На рисунке 3.1 показана схема установки для ТСО. На детали 1 предварительно нарезается резьба, на которую навинчивают распорные втулки 2. В теле втулок 2 изготовлены отверстия 6, предназначенные для подачи охлаждающей жидкости. В крайнюю втулку ввинчиваются рым – болты 7, предназначенные для закрепления и перемещения конструкции. Собранную конструкцию вставляют в стапель 3, который имеет несколько слоев. Её фиксируют в стапеле 3 при помощи штифтов 9. Один из слоев стапеля 3 состоит из наполнителя 4, который подбирается в зависимости от нужной скорости охлаждения стапеля 3. Крышка 5 фиксируется на стапеле 3 при помощи винтов 10. В верхнюю часть стапеля 3 ввинчиваются рым – болты 8, предназначенные для перемещения и подвешивания конструкции. Далее она опускается в шахтную печь, где проходит процесс термообработки. Величину пластической деформации, которая превышает предел пропорциональности, получают путем подбора значений разности коэффициентов теплового расширения втулок и детали. Она убирает технологическую наследственность, увеличивает прочность материала и сглаживает внутренние микротрещины. При остывании в детали формируются знакопеременные остаточные напряжения в продольном направление, а в поперечном равномерные. Это исключает коробление готовых изделий [6, 8, 9].

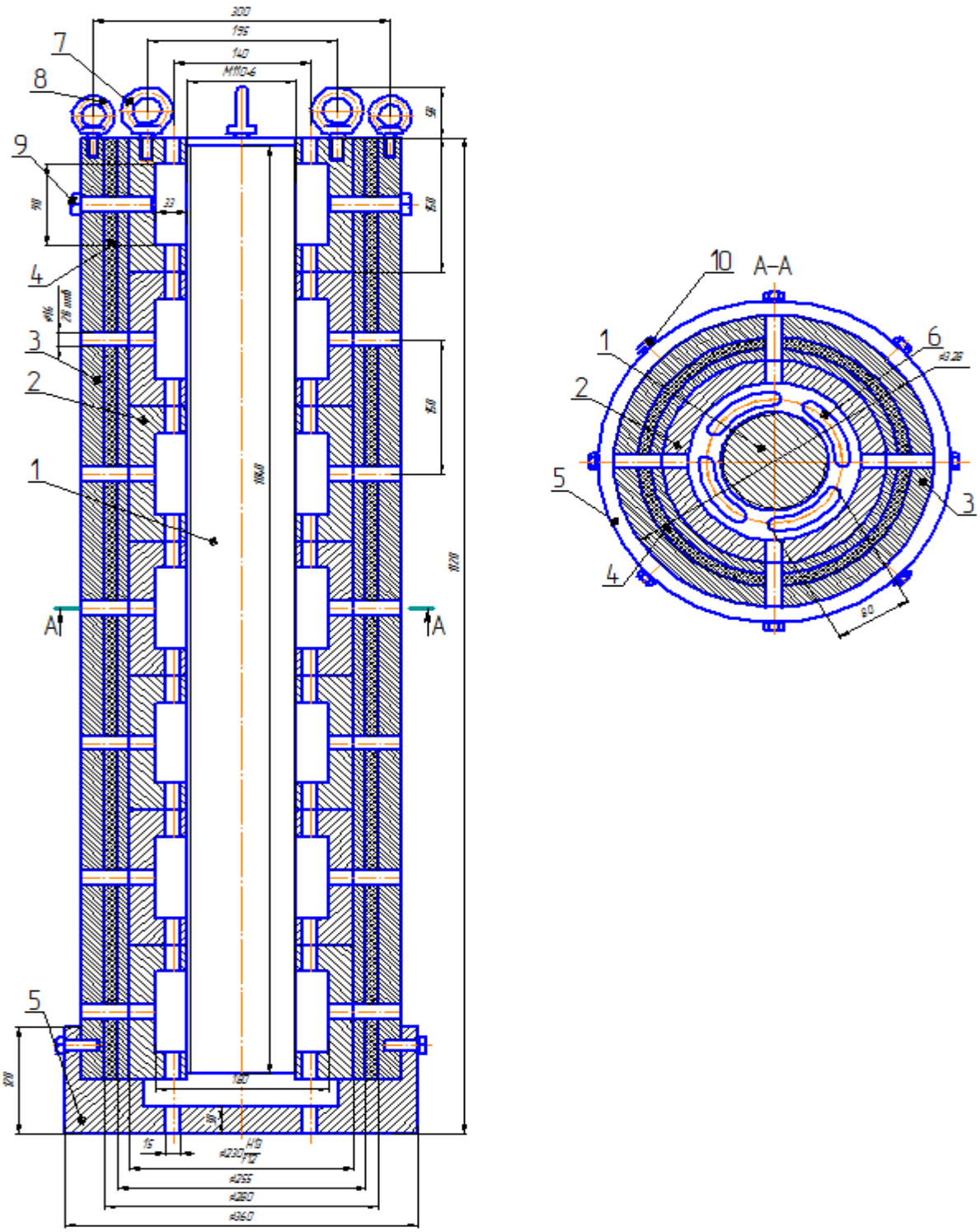


Рис. 3.1 Схема установки для ТСО

Аналитический расчет стапеля проводится по следующим зависимостям [6, 9]:

Температурные удлинения рассчитываются по формуле:

$$\Delta l = \alpha_{ст}(T^0) \cdot T^0 \cdot L_{ст} - \alpha_{дет}(T^0) \cdot T^0 \cdot L_{дет} \qquad (3.1)$$

где Δl - разность удлинения стапеля и заготовки, м;

$\alpha_{ст}, \alpha_{дет}$ - коэффициенты линейного расширения, м/град;

T^0 - температура нагрева, °С;

$L_{ст}, L_{дет}$ - длины стапеля и детали, м.

4. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной главе будет рассмотрен принцип обучения сети [15-20], проведена обработка данных, полученных при ТСО, при помощи ИНС, а также проведен ряд обучений сети, изменяя её параметры и на их основе, будет сделан вывод о полученных результатах.

Рассмотрим принцип обучения нейронной сети, взяв за основу двухслойную нейронную сеть.

Работа будет проводиться в программе MATLAB R2014a. Интерфейс программы показан на рисунке 4.1. В этом интерфейсе доступны все необходимые команды для подготовки и начала работы по созданию нейронной сети.

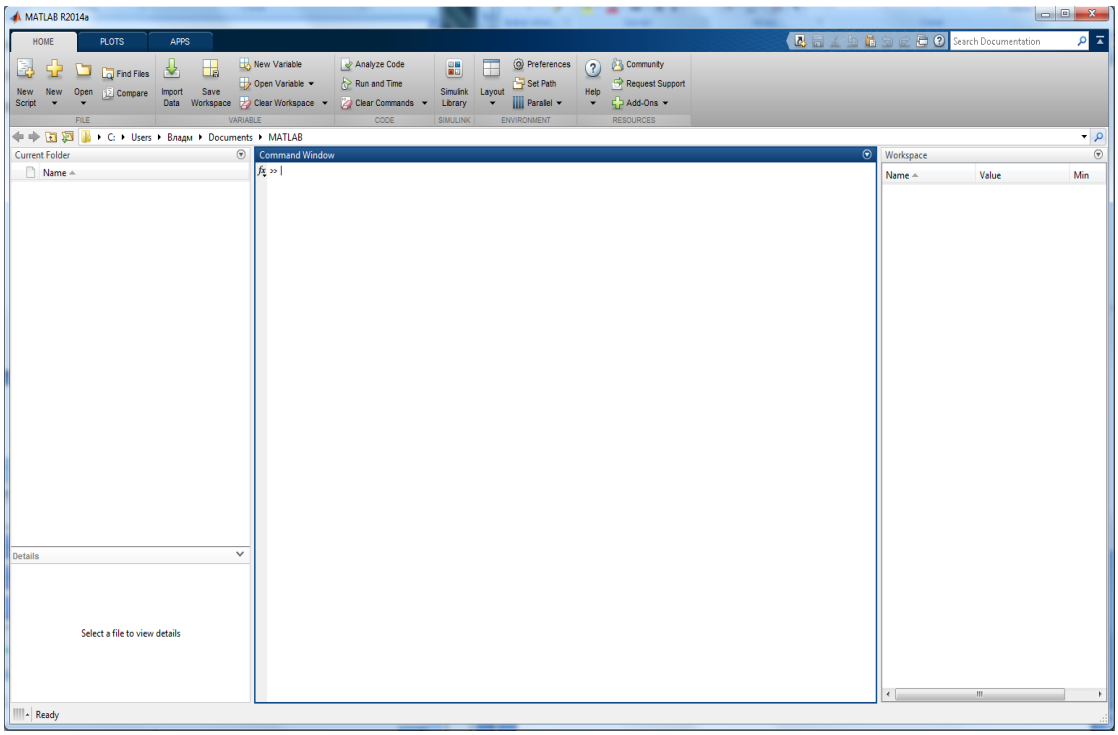


Рис. 4.1 Графический интерфейс MATLAB R2014a

Загрузим данные в программу. Данными x является данные ТСО, а U является коэффициентом локальности. Данные показаны на рисунке 4.2 – 4.3.

Variables - x

x

3x15 double

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0.6000	1	1	1	0.6000	0.6000	0.6000	1	0.8000	0.8000	0.8000	0.6000	0.6000	0.8000
2	0.5000	0.5000	0.5000	0.7500	1	0.5000	0.7500	1	1	1	0.7500	0.5000	0.7500	1	0.7500
3	1	0.1276	0.7713	0.2057	0.2606	0.3635	0.3830	0.7234	0.3351	0.1041	0.2003	0.5142	0.3369	0.1542	0.7040
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															

Рис. 4.2 Данные ТСО

U

1x15 double

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4.0650	10.6380	1.7540	6.5780	5.2080	3.7450	2.9410	1.8760	4.0480	8.6580	4.3100	2.6450	4.0320	8.8490	1.9230
2															
3															

Рис. 4.3 Коэффициент локальности

Далее, после ввода команды «nnstart» в командную строку, начинается создание нейронной сети. За основу берем двухслойную сеть с обратным распространением ошибки. Структура сети представлена на рисунке 4.4.

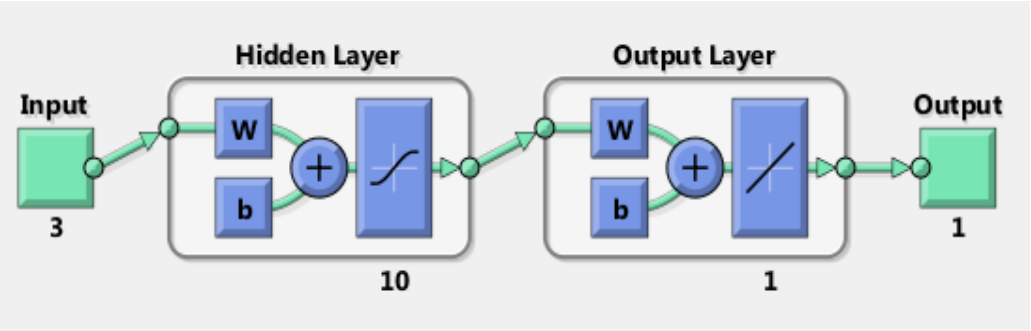


Рис. 4.4 Структура сети

Затем помечаем данные x и U как Input date и Target date соответственно.

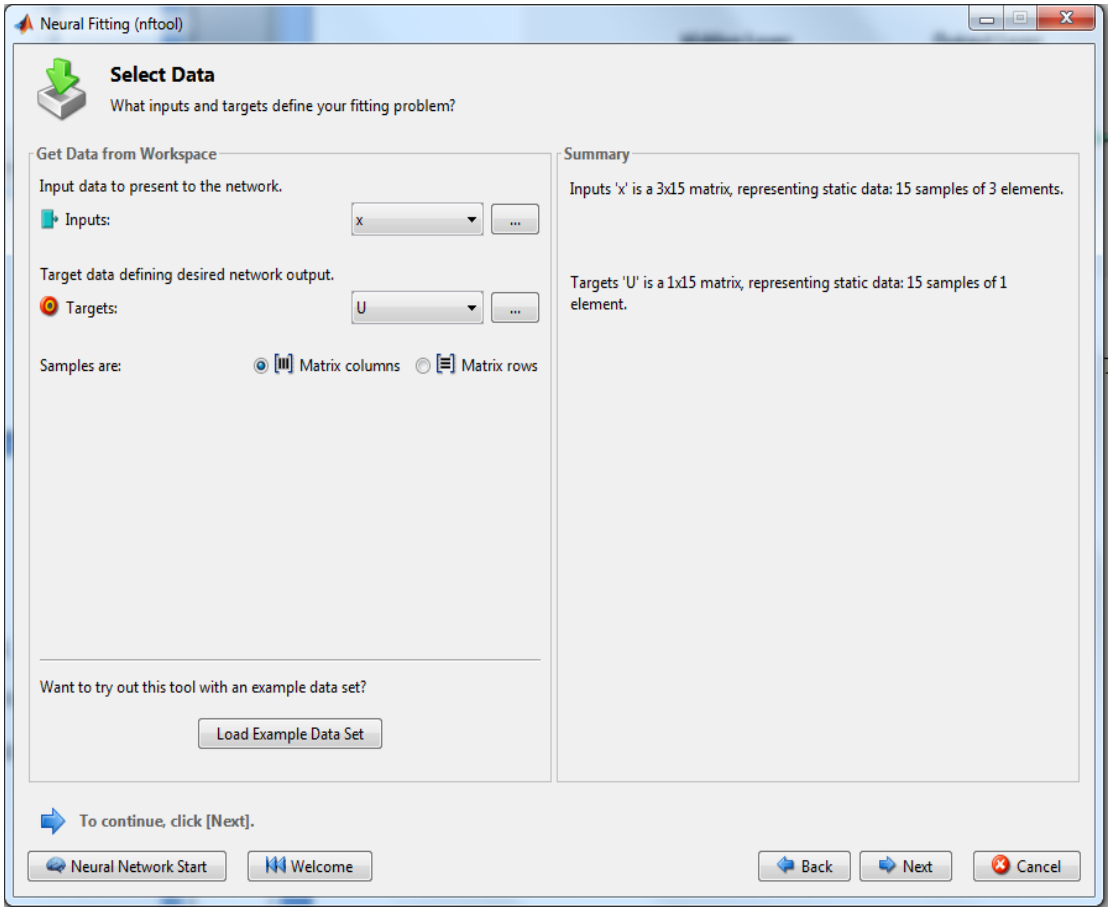


Рис. 4.5 Выбор данных

Определяем количество нейронов в скрытом слое. В данном случае, назначим количество нейронов равное 10.

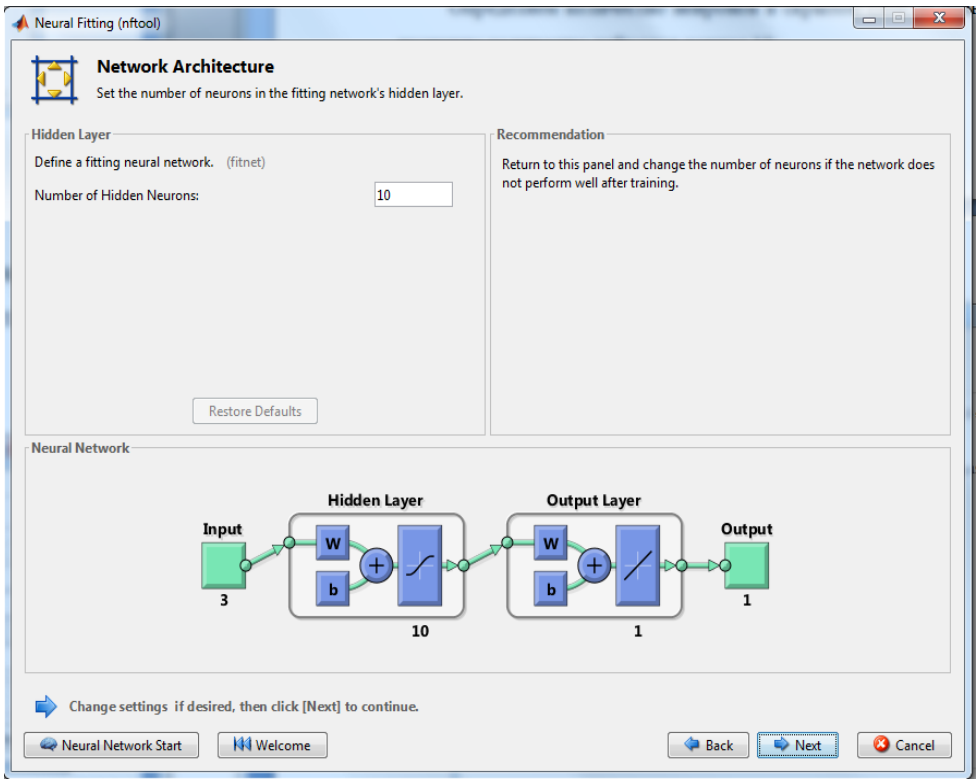


Рис. 4.6 Определение количества нейронов

Определяем алгоритм обучения и запускаем обучение сети. Используем алгоритм обучения Левенберга – Марквардта.

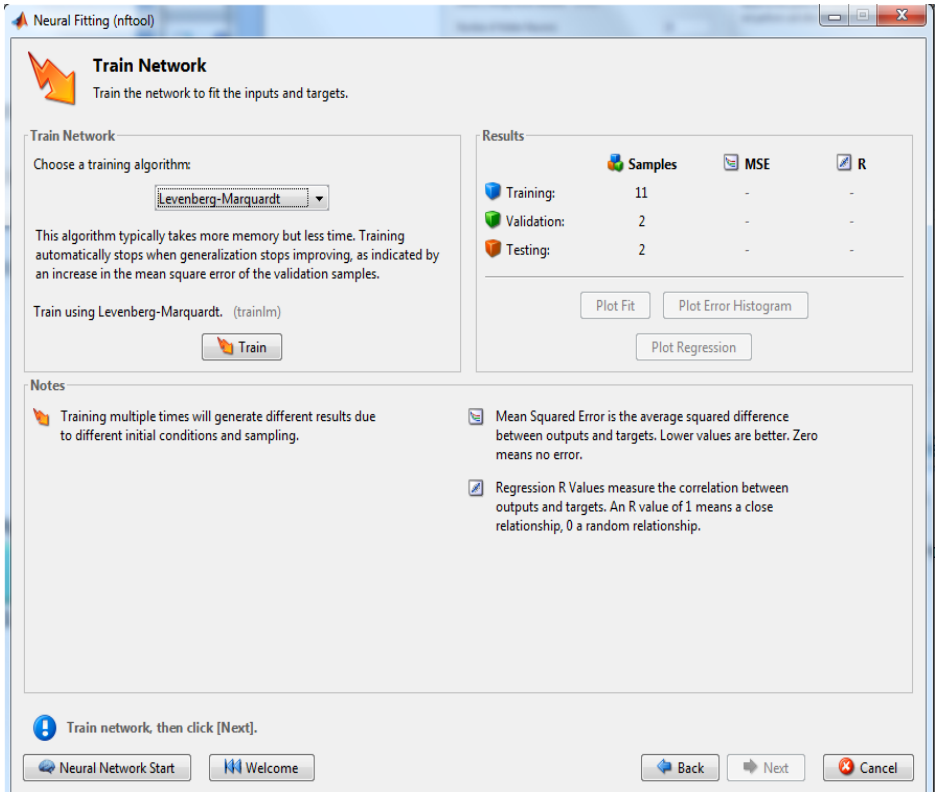


Рис. 4.7 Определение алгоритма обучения

Контролировать обучение можно при помощи интерфейса, показанного на рисунке 4.8.

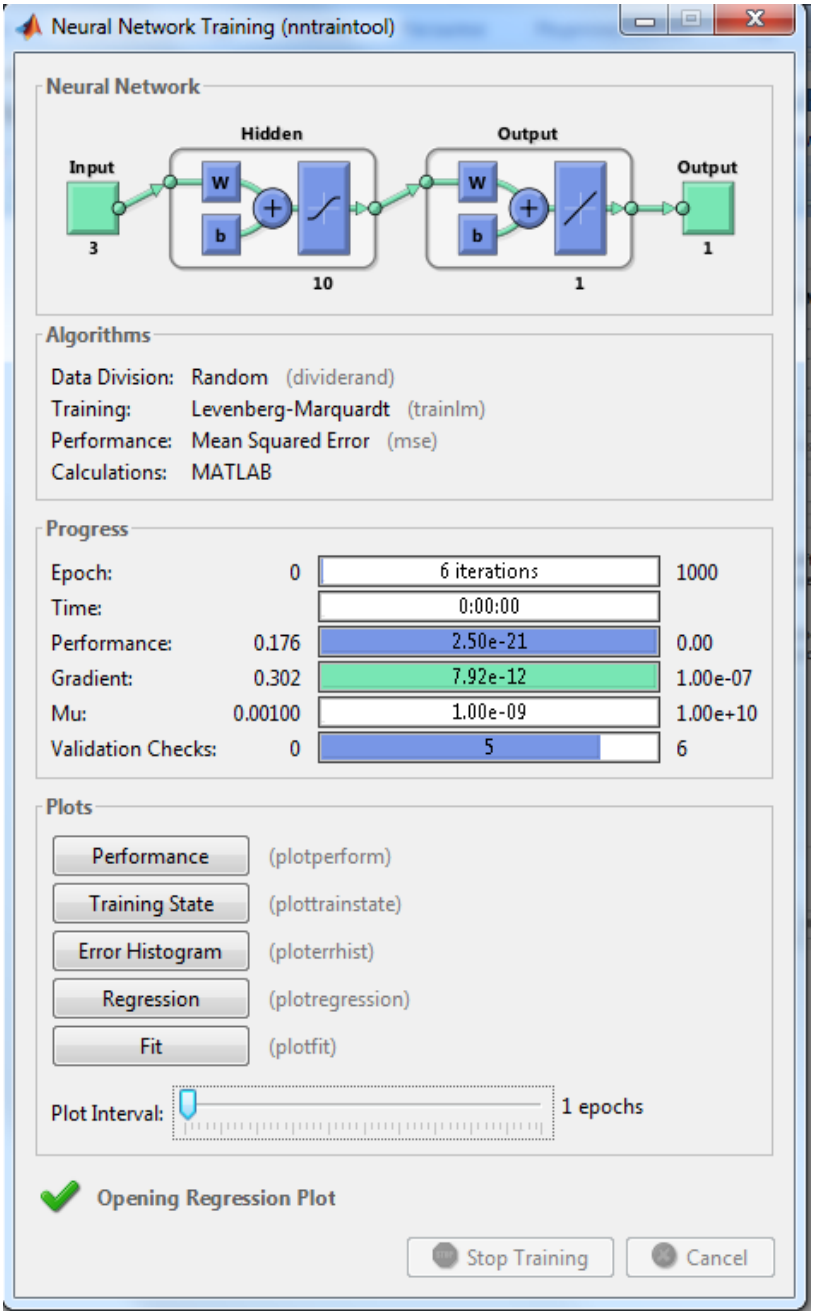


Рис. 4.8 Окно обучения сети

Результаты обучения сети и график ошибок показаны на рисунке 4.9-4.10.

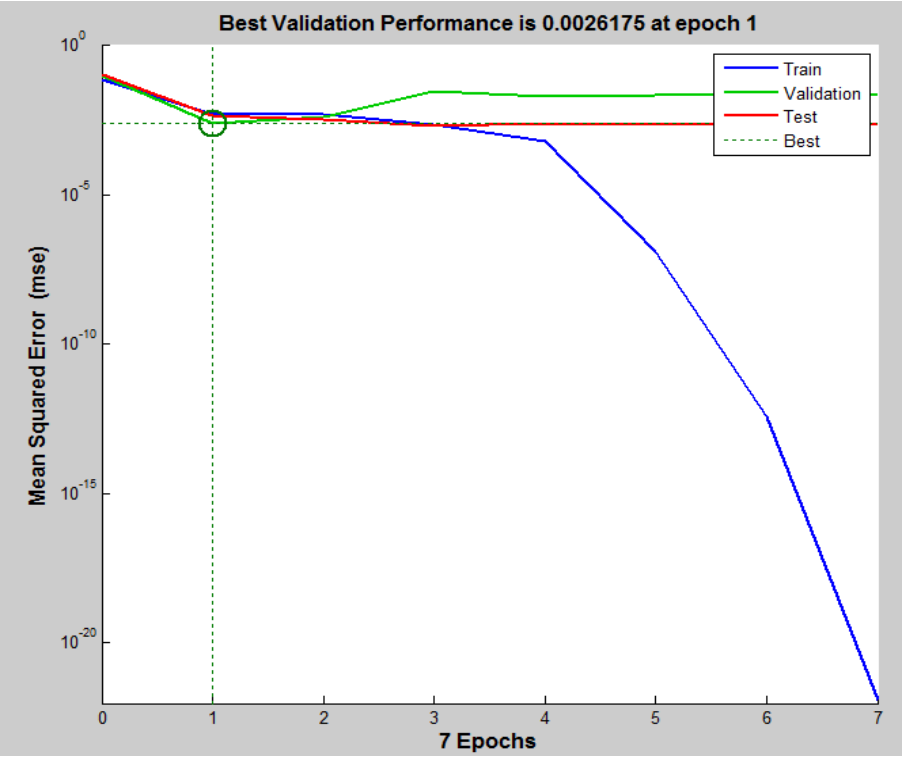


Рис. 4.9 График ошибки обучения

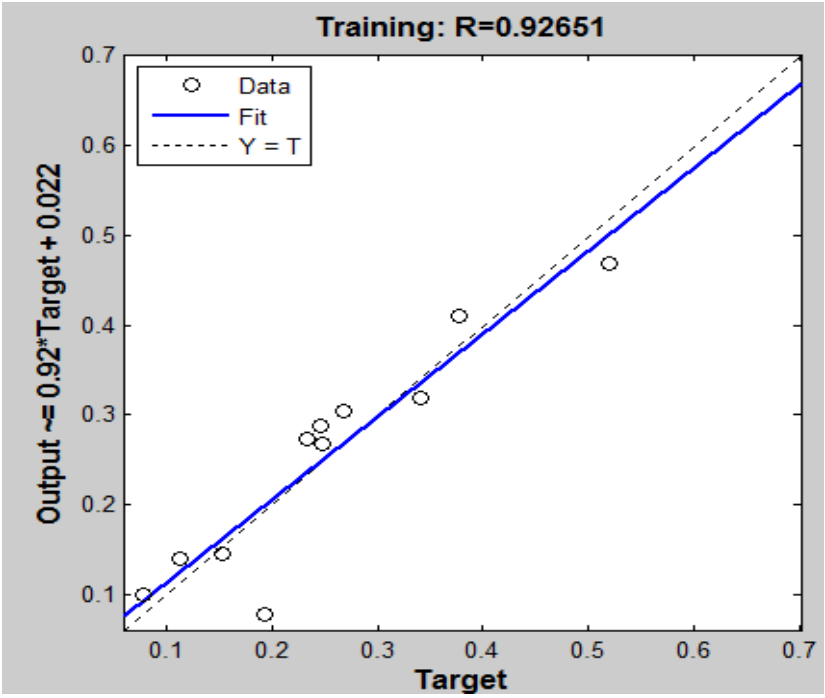


Рис. 4.10 Графики результатов обучения

Изменяя количество нейронов и алгоритм обучения, нужно найти наилучшие параметры обучения, что поможет улучшить результаты обучения.

При сравнении полученных данных (рисунок 4.11), делаем вывод, что ошибка находится в допустимых пределах. Создание и обучение сети можно считать успешным.

output1

1x15 double

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.3097	10.7357	1.6730	6.6131	5.0533	5.5417	3.8223	1.7170	4.1213	9.1073	4.6231	1.0052	4.8948	8.9067	1.7402
2															
3															

Рис. 4.11 Результаты обучения сети

Далее будет проведена обработка данных, полученных при ТСО, при помощи ИНС, а также проведен ряд обучений сети, изменяя её параметры и на их основе, будет сделан вывод о полученных результатах.

При исследовании на термосиловой установке были использованы образцы, изготовленные из стали 40Х. Образцы изготовлены в соответствии с ГОСТ 1497-84. Опыты проводились при температуре Т° = 300°С, 400°С, 500°С. В интервалах ε = 4%; 6%; 8% задавалась величина относительной пластической деформации.

На образце были сделаны засечки, расстояние между которыми было равно диаметру заготовки. До и после эксперимента измерялись расстояния и диаметры между ними. На основе измерения строились зависимости изменения длины и диаметров заготовки.

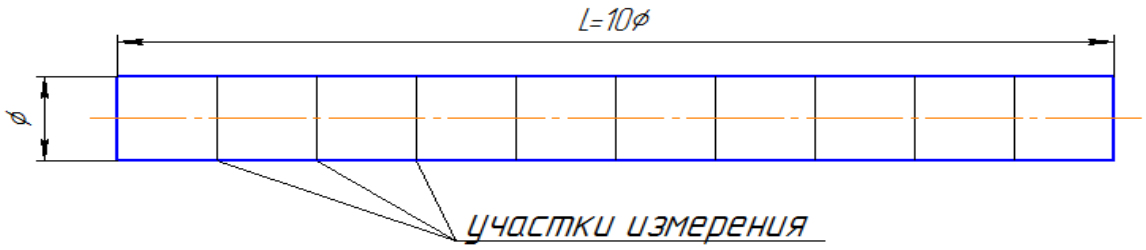


Рис.4.12 Экспериментальный маложесткий вал

На основе результатов можно сделать вывод о неравномерной деформации заготовки по её длине. На это повлияло неравномерность

свойств и то, что распространение пластической деформации носит волновой характер.

На результаты влияет много факторов, но за основные были взяты температура, величина и скорость деформации.

Данные, полученные в ходе экспериментов, показаны на рисунке 4.13.

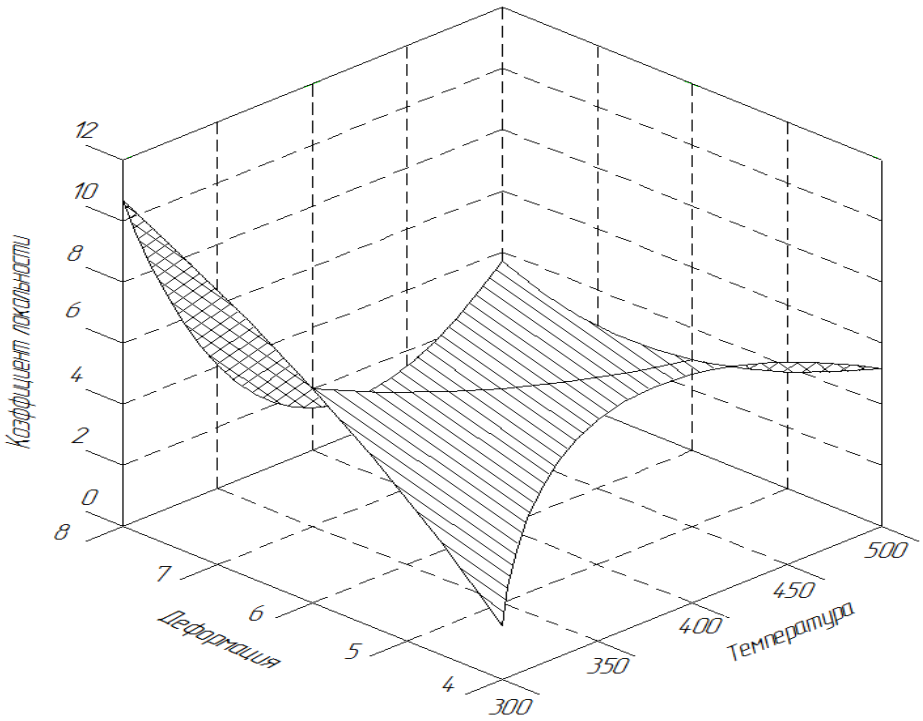
Variables - P1

P1

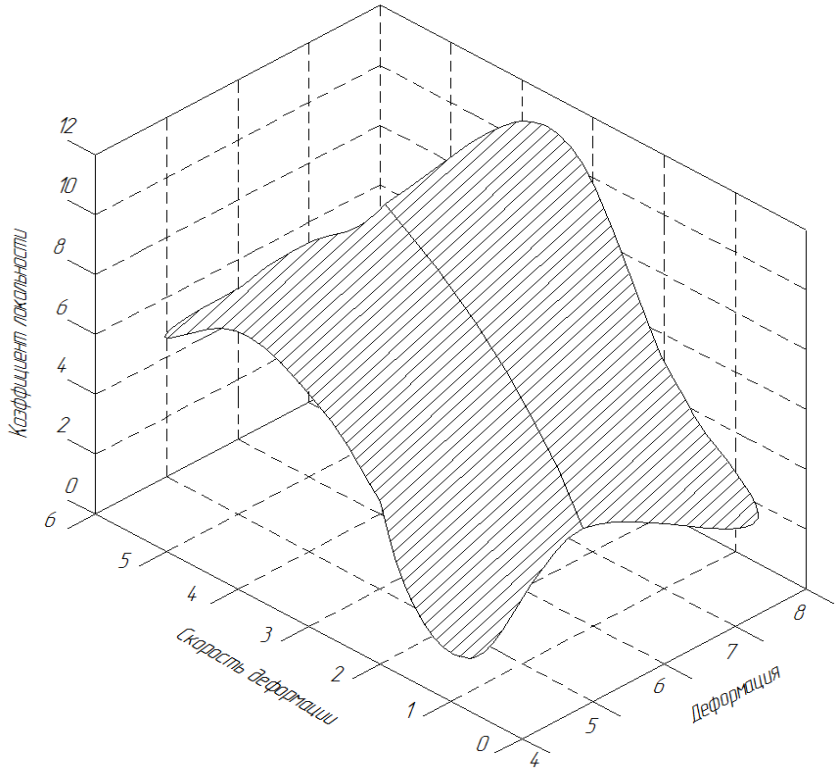
3x15 double

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	500	300	500	500	500	300	300	300	500	400	400	400	300	300	400
2	4	4	4	6	8	4	6	8	8	8	6	4	6	8	6
3	5.6400	0.7200	4.3500	1.1600	1.4700	2.0500	2.1600	4.0800	1.8900	0.5870	1.1300	2.9000	1.9000	0.8700	3.9700
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															

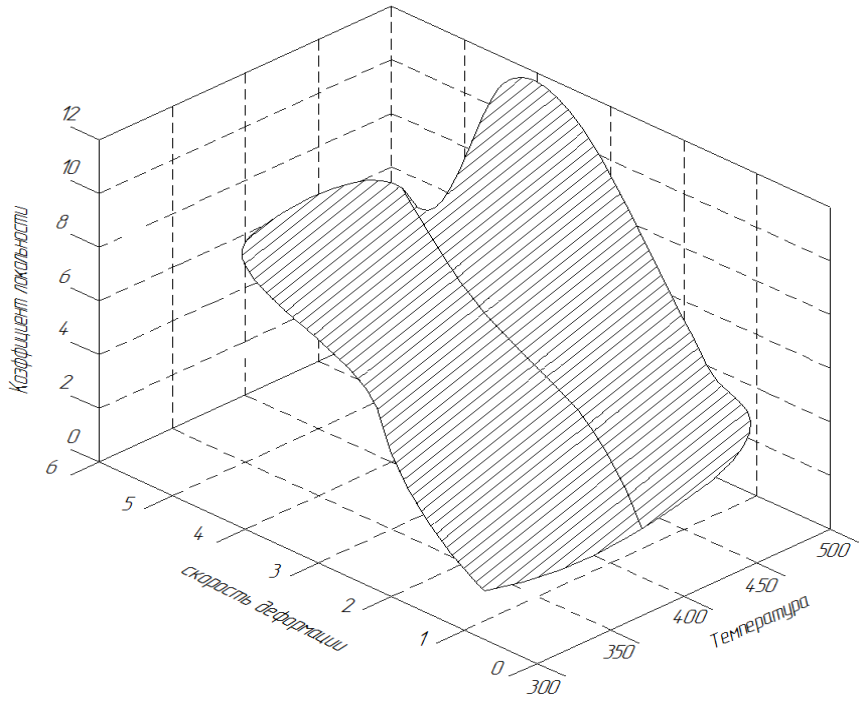
Рис.4.13 Данные, полученные в ходе экспериментов



а)



б)



в)

Рис 4.14 Коэффициент локальности в координатах: а – деформация-температура; б – скорость – деформация; в – скорость – температура

Для улучшения работы сети и уменьшения погрешности, была проведена обработка данных по следующим формулам.

$$T = \frac{T_i}{T_{max}}, °C; \quad (4.1)$$

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_{max}}; \quad (4.2)$$

$$\acute{\varepsilon} = \frac{\acute{\varepsilon}_i}{\acute{\varepsilon}_{max}}, c^{-1}; \quad (4.3)$$

где T – температура, °C;

T_{max} – максимальная температура по всем экспериментам, °C;

T_i – температура в i-том эксперименте, °C;

ε – величина деформации,;

ε_i - величина деформации в i-том эксперименте;

ε_{max} – максимальная величина деформации по всем экспериментам;

$\acute{\varepsilon}$ - скорость деформации, c^{-1};

$\acute{\varepsilon}_i$ – скорость деформации в i-том эксперименте, c^{-1};

$\acute{\varepsilon}_{max}$ – максимальная скорость деформации по всем экспериментам, c^{-1}.

Данные, полученные после обработки, представлены на рисунке 4.15.

x

3x15 double

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0.6000	1	1	1	0.6000	0.6000	0.6000	1	0.8000	0.8000	0.8000	0.6000	0.6000	0.8000
2	0.5000	0.5000	0.5000	0.7500	1	0.5000	0.7500	1	1	1	0.7500	0.5000	0.7500	1	0.7500
3	1	0.1276	0.7713	0.2057	0.2606	0.3635	0.3830	0.7234	0.3351	0.1041	0.2003	0.5142	0.3369	0.1542	0.7040
4															
5															

Рис.4.15 Обработанные данные

В данном случае ИНС применяется для упрощения нелинейной функции. ИНС состоит из набора взаимодействующих между собой нейронов, изменяющих входной сигнал в соответствие с заданной передаточной функцией. Создание ИНС состоит из нескольких этапов: определение структуры сети (определяется количество слоев и нейронов в каждом из слоев, функции активации каждого слоя и способ соединения слоев друг с другом); метод и параметры обучения; обучение сети; проверка правильности обучения.

Для моделирования используем двухслойную нейронную сеть с обратным распространением ошибки. При обучении будем изменять функцию активации слоев, алгоритмы обучения и количество нейронов.

Первая сеть, используемая для моделирования, будет двухслойная нейронная сеть с обратным распространением ошибки и сигмоидальной функцией активации в скрытом слое и линейной функцией активации в выходном слое. Количество нейронов в скрытом слое будет меняться на 10, 15 и 20 при каждом изменении алгоритма обучения.

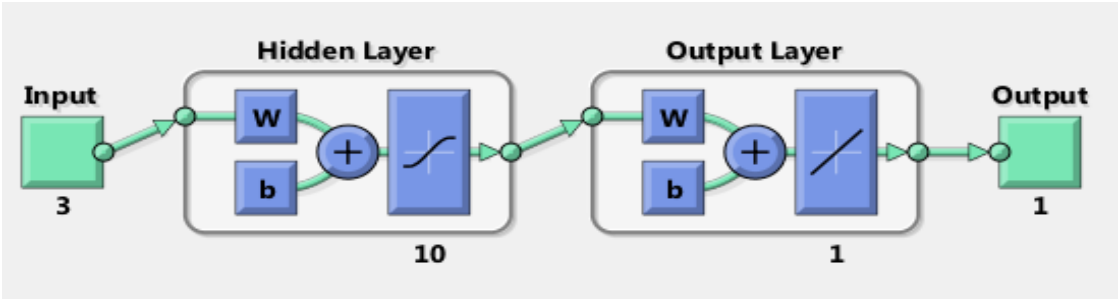


Рис. 4.16 Структура сети

Результаты обучения по алгоритму Левенберга - Маркварта показаны на рисунке 4.17 приложение А.

Результаты обучения по алгоритму Байесовской регуляризации показаны на рисунке 4.18 приложение Б.

Вторая сеть, используемая для моделирования, будет двухслойная нейронная сеть с обратным распространением ошибки и сигмоидальной

функцией активации в скрытом и выходном слое. Количество нейронов в скрытом слое будет меняться на 10, 15 и 20 при каждом изменении алгоритма обучения.

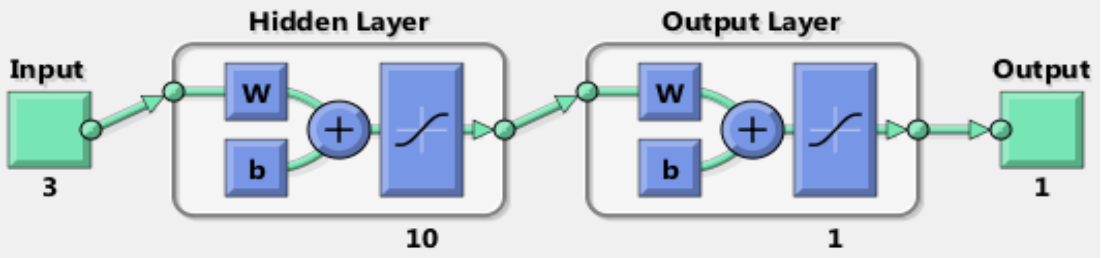


Рис. 4.19 Структура сети

Результаты обучения по алгоритму Левенберга - Маркварта показаны на рисунке 4.20 приложение В.

Результаты обучения по алгоритму Байесовской регуляризации показаны на рисунке 4.21 приложение Г.

Третья сеть, используемая для моделирования, будет двухслойная каскадная нейронная сеть с обратным распространением ошибки и сигмоидальной функцией активации в скрытом и выходном слое. Количество нейронов в скрытом слое будет меняться на 10, 15 и 20 при каждом изменении алгоритма обучения.

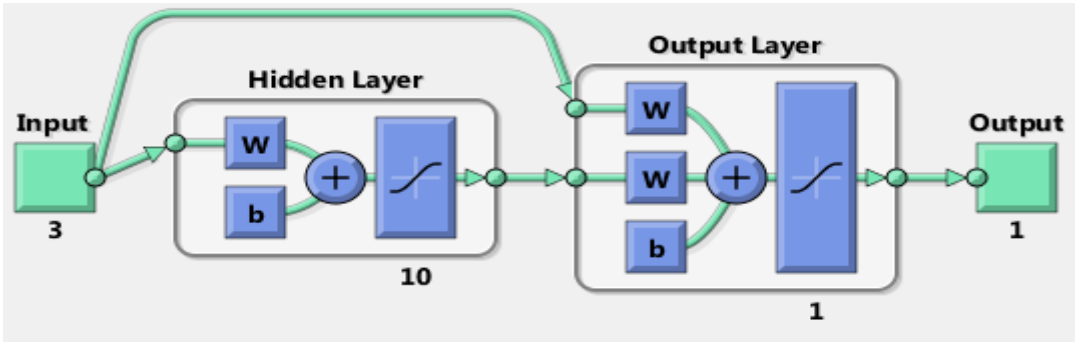


Рис. 4.22 Структура сети

Результаты обучения по алгоритму Левенберга - Маркварта показаны на рисунке 4.23 приложение Д.

Результаты обучения по алгоритму Байесовской регуляризации показаны на рисунке 4.24 приложение Е.

На основе полученных результатов экспериментов, можно сделать вывод, что наиболее оптимальной структурой для решения поставленной задачи является двухслойная нейронная сеть с обратным распространением ошибки и сигмоидальной функцией активации в скрытом слое и линейной функцией активации в выходном слое, которая обучалась по алгоритму Левенберга – Маркварта. Оптимальное количество нейронов в скрытом слое -15, что соответствует количеству опытов. После обучения были получены выходные данные (Outputs date), показанные на рисунке 4.25, которые были объединены в график (рисунок 4.26), который отображает результаты обучения сети.

Variables - output

output

1x15 double

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4.0650	10.2168	1.7538	6.5782	5.2081	3.7450	2.9404	1.8761	4.1922	8.6580	4.3100	3.0760	3.8107	8.8490	1.9228
2															
3															

Рис. 4.25 Выходные данные

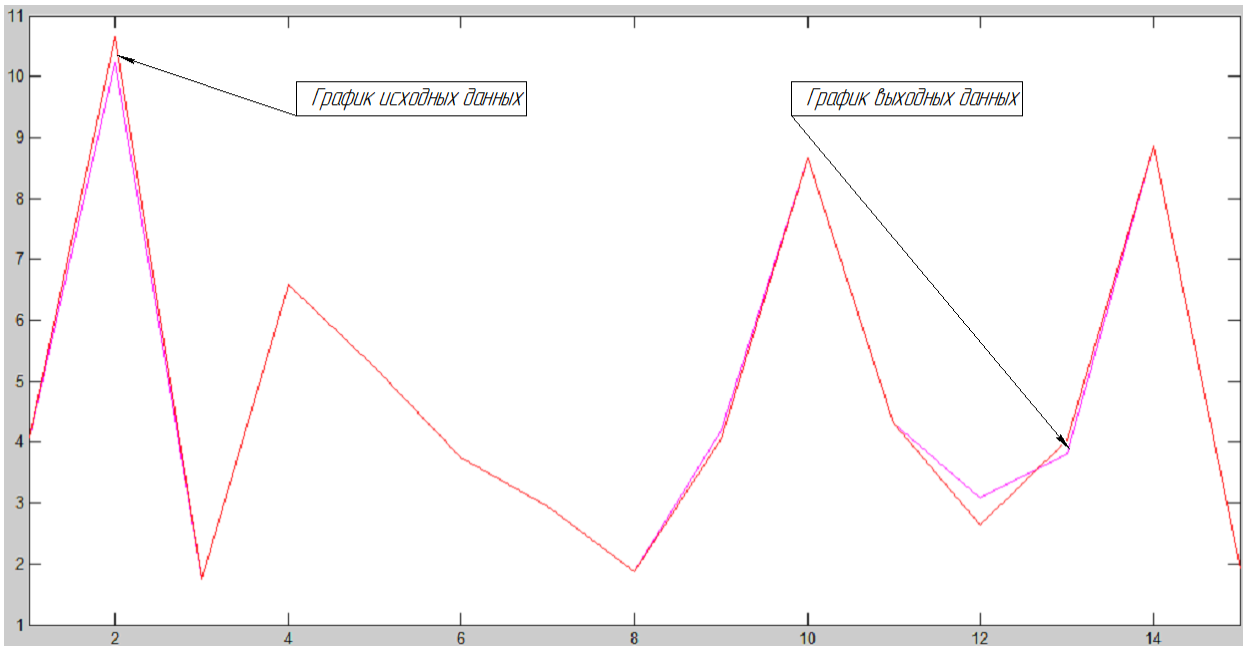


Рис. 4.26 График данных обучения

Данная нейросетевая модель упруго – пластического деформирования МЖД при различных параметрах успешно упрощает сложную нелинейную зависимость и пригодна для использования при исследовании и управлении процесса ТСО МЖД.

5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

5.1. Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Данные о материалах, операциях и оборудовании, применяемом в техпроцессе, сведем в таблицу 5.1 [4].

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Технологическая операция , вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
ТП изготовления вала	Заготовительная	Станочник широкого профиля	Ленточнопильный станок СОМ-200	Легированная сталь, СОЖ
	Токарная	Оператор станков с программным управлением, наладчик станков и манипуляторов с программным управлением	Обрабатывающий центр СА Т700, люнеты	
	Шлифовальная		Торцекруглошлифовальный станок 3М150, люнеты	
	ТСО	Термист	Печь шахтная, установка для ТСО	
	Моечная	Оператор моечной установки	Моечная машина МПП-250	
	Контрольная	Контролер станочных и слесарных работ	Контрольный стол	-

5.2. Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 5.2 - Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
Заготовительная	Повышенное значение напряжения в электрическое цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Электродвигатель станка, который работает от напряжения в сети 380 В
	Физические: движущиеся машины и механизмы, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструмента и оборудования	Острозаточенная поверхность режущего полотна, ленточное полотно станка
Токарная	Физические: движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструмента и оборудования	Стол станка и вращающийся шпиндель, заготовка и инструмент
	Повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны	Пары СОЖ
	Повышенная температура поверхностей оборудования, материала и инструмента	Поверхность заготовки и инструмента
	Канцерогенные вещества	Минеральные масла
	Психофизические: перенапряжение анализаторов, повышенные значения напряжения в электрической цепи	Экраны стойки управления, ток в электрической цепи, к которой подключен станок

Продолжение таблицы 5.2

Шлифовальная	Физические: движущиеся машины и механизмы, и их подвижные части, повышенная температура поверхностей оборудования, материала и инструмента	Шлифовальный круг с большой скоростью вращения, сильный нагрев заготовки в зоне обработки
	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Рабочие органы станка
	Повышенный уровень вибрации	Шлифовальный круг
	Повышенное значение напряжения в электрической цепи	Шлифовальный станок
	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Абразивная пыль
	Канцерогенные вещества	СОЖ
	Перенапряжение анализаторов	Экраны стойки управления
ТСО	Физические: повышенная температура поверхностей оборудования, материалов и инструмента	Значительный нагрев закалочной поверхности и элементов печи
Моечная	Канцерогенные вещества	Жидкость для промывки
Контрольная	Психофизические: перенапряжение анализаторов	Индикаторы и шкалы приборов контроля

5.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

Составим таблицу средств защиты от опасных факторов как коллективных, так и индивидуальных (таблица 5.3).

Таблица 5.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Движущиеся машины и механизмы	Применение специальных ограждений, проведение инструктажа	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, фартук для защиты от общих производственных загрязнений и, ботинки кожаные с защитным подноском, наколенники, каска защитная, подшлемник
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Надежная изоляция электропроводки, наличие предохранителей	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструмента и оборудования	Введение в техпроцесс слесарных переходов по скруглению острых углов и удалению заусенцев	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны	Введение средств вентиляции, ведение работ в зоне отделенной от человека, применение пылесборников	Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), очки защитные

Продолжение таблицы 5.3

Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Применение СОЖ	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Канцерогенные вещества	Применение канцерогенных веществ в минимальном количестве и с возможностью автоматического распыления и доставки	СИЗОД
Перенапряжение анализаторов	Увеличение времени перерывов	-
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Применение звукоизоляционных материалов при изготовлении оборудования	Наушники противошумные или вкладыши противошумные
Повышенный уровень вибрации	Применение демпфирующих опор	Ботинки кожаные с защитным подноском

5.4. Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.

Сведем класс пожара, информацию о технических средствах борьбы с пожаром и организационно – технических мероприятиях в таблицы 5.4-5.6.

Таблица 5.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Заготовительная	Ленточнопильный станок COM-200	B	Высокая температура, задымленность, выделение ядовитых и	Части объектов, разрушившихся при возгорании, распространение тока при повреждении
Токарная	Обрабатывающий центр CAT700			
Шлифовальная	Торцекруглошлифовальный станок 3М150			

Продолжение таблицы 5.4

ТСО	Печь шахтная, установка для ТСО		канцерогенных паров при сгорании легкоплавких веществ	проводки, вредные выбросы в атмосферу из очага пожара из-за повреждения защитных сооружений, отравление окружающей среды средствами ликвидации пожара
Моечная	Моечная машина МПП-250			
Контрольная	Контрольный стол			

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование
Песок, пенный огнетушитель	Пожарная мотопомпа	Аэрозольная система пожаротушения	Прибор управления пожарный	Пожарный шкаф

Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Респираторы, промышленные противогазы	Лопата совковая, багор, ведро	Извещатели пожарные

Таблица 5.6 - Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты

Продолжение таблицы 5.6

ТП изготовления вала	Организация пожарной охраны, проведение мероприятий по обучению сотрудников действиям во время пожара, идентификация пожароопасных веществ и определение правил их хранения и транспортировки	Допустимая концентрация легковоспламеняющихся веществ, хранение пожароопасных веществ в отдельном помещении, скорейшая утилизация пожароопасных отходов, наличие температуры и давления воздуха препятствующего быстрому распространению пламени, установка молниеотводов

5.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.

Определим антропогенные воздействия техпроцесса на различные среды и запишем список мероприятий по предотвращению негативного влияния этих воздействий (таблицы 5.7-5.8).

Таблица 5.7 - Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса	Воздействие технического объекта на атмосферу	Воздействие технического объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
ТП изготовления вала	Ленточнопильный станок COM-200	Масляным туман, образующийся из-за необходимости смазки различных частей оборудования, а также пары СОЖ	Забор воды из источников водоснабжения для нужд оборудования, загрязнение воды различными маслами и растворами	Образование отходов в виде стружки стали 40Х
	Обрабатывающий центр CAT700			
	Торцекруглошлифовальный станок 3М150			
	Печь шахтная, установка для ТСО			

Продолжение таблицы 5.7

	Моечная машина МПП-250	-		

Таблица 5.8 - Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	ТП изготовления вала
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Установка в цехе вытяжек для улавливания паров различных веществ, образующихся при обработке, а после, очистка воздуха специальными фильтрами
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	С помощью сепараторов происходит отделение СОЖ от частиц металла, затем с помощью центрифуги отделяют масляные частицы от воды и запускают компоненты в последующие циклы работы
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Сбор, измельчение, брикетирование стружки и дальнейшая отправка в службу приема металлолома для повторного использования

Выводы:

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления вала, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 5.1).

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по

осуществляемому технологическому процессу изготовления вала, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ (таблица 5.2).

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков и подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 5.3).

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 5.6).

5. Идентифицированы экологические факторы (таблица 5.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 5.8).

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

6.1 Определение содержания и последовательности выполнения научно-исследовательской работы (НИР).

В данном разделе произведен расчет затрат на внедрение в процесс ТСО нейросетевого моделирования [3].

Перечень работ по решению поставленной задачи в выпускной квалификационной работе приводим в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Приводимый перечень работ

Стадии проведения исследований.	Этапы научно-исследовательской работы.	Содержание проводимых работ.
Подготовительная стадия.	Выполнение комплекса подготовительных работ.	1.Составление (получение) задания на НИР.
		2.Анализ состояния вопроса. Литературный поиск.
Теоретическая разработка.	Разработка теоретической части исследования.	3.Изучение сущности нейросетевого моделирования.
		4.Разработка алгоритма обучения.
		5.Подготовка исходных данных.
Экспериментальные работы.	Проведение комплекса экспериментальных работ.	6.Проведение ряда обучений нейронной сети с изменениями параметров и структур.
Заключительная стадия.	Анализ, оформление и выводы на основе результатов.	7.Сравнительный анализ полученной информации.
		8.Оформление результатов исследований.
		9.Заключение по результатам обучений.

6.2 Определение трудоёмкости и длительности цикла выполнения работ.

Трудоемкость:

$$T = f\ (Д_ц \times Р),\ дни; \qquad (6.1)$$

где $Д_ц$ – длительность цикла выполнения научно-исследовательской работы, дни;

Р – количество участников.

Ожидаемая трудоёмкость:

$$T_{ож} = (3T_{min} + 2T_{max})/5,\ дни; \qquad (6.2)$$

где T_{min} – оптимистическая оценка трудоёмкости, дни;

T_{max} – пессимистическая оценка трудоёмкости, дни.

Ожидаемая трудоёмкость выполнения каждого этапа определяется как сумма трудоёмкости выполнения входящих в данный этап работ.

Длительность цикла выполнения:

$$T_ц = T_{ож}/Р,\ дни; \qquad (6.3)$$

где $T_{ож}$ - ожидаемая трудоёмкость.

Результаты расчётов сведены в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 - Расчёт трудоёмкости и длительности цикла выполнения работ

№ этапов.	№ работ.	Трудоёмкость выполнения работ, дней.			Численность работников.			Длительность выполнения работ и этапов с учётом численности работников, дней.
		T_{min}	T_{max}	$T_{ож}$	Руков. проекта	Студент	Итого	
1	1	1	2	1,4	1		1	1,4
	2	5	8	6,2		1	1	6,2

Продолжение таблицы 6.2

Итого				7,6				7,6
2	3	3	5	3,8		1	1	3,8
	4	2	3	2,4	1	1	2	2,4
	5	1	2	1,4	1	1	2	1,4
Итого				7,6				7,6
3	6	2	3	2,4		1	1	2,4
Итого				2,4				2,4
4	7	1	2	1,4		1	1	1,4
	8	1	2	1,4		1	1	1,4
	9	1	2	1,4	1	1	2	1,4
Итого				4,2				4,2
Всего				21,8				21,8

В нашем случае ожидаемая трудоёмкость выполнения всего комплекса научно-исследовательских работ составляет 21,8 человеко-дней и длительность цикла выполнения работ с учётом численности исполнителей составляет 21,8 дня.

Для разработки сетевого графика составим перечень событий и работ, и сведем в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 - Перечень событий и работ по выполнению НИР

№ событий.	Наименование работ и событий.	Шифр работ.	Продолжительность работ, дни.
0.	Решение о выполнении научно-исследовательской работы принято.		
1.	Составление (получение) задания на НИР.	0-1	1,4
2.	Анализ состояния вопроса, литературный поиск.	0-2	6,2
3.	Изучение сущности нейросетевого моделирования.	2-3	3,8
4.	Разработка алгоритма обучения. Подготовка исходных данных.	3-4	2,4
5.	Проведение ряда обучений нейронной сети с изменениями параметров и структур.	3-5	1,4
6.		4-6	2,4
7.	Сравнительный анализ полученной информации. Оформление результатов исследований.	6-7	1,4
8.	Заключение по результатам обучений.	6-8	1,4
9.		8-9	1,4

6.3 Расчёт сроков свершения событий до оптимизации сетевого графика.

Ранние сроки свершения события:

$$T_{pi+1} = T_{pi} + D_{i-(i+1)}, \text{ дни} \qquad (6.4)$$

где Tp_i – ранний срок совершения события, из которого выходит работа, дни;

$D_{i-(i+1)}$ – продолжительность выполнения работы, дни.

Поздние сроки свершения события:

$$T_{ni+1} = T_{ni} - D_{i-(i-1)}, \text{ дни} \quad (6.5)$$

где Tn_i – поздний срок совершения последующего события, дни.

Резервы события:

$$R_i = T_{ni} - T_{pi}, \text{ дни} \quad (6.6)$$

Длительность путей:

T_1 = 0-2-3-4-6-8-9=6,2+3,8+2,4+2,4+1,4+1,4=17,6, дня – критический (max);

T_2 = 0-1-3-5-6-7-9=1,4+0+1,4+0+1,4+0=4,2, дня – не напряжённый.

Длительность оптимального пути:

$$Tonm = \frac{\sum_{i}^{m} T_i}{m}, \text{ дни;} \quad (6.7)$$

где T_i – длительность пути, дни;

m – количество путей.

Сетевой график до оптимизации представлен на рисунке 6.1.

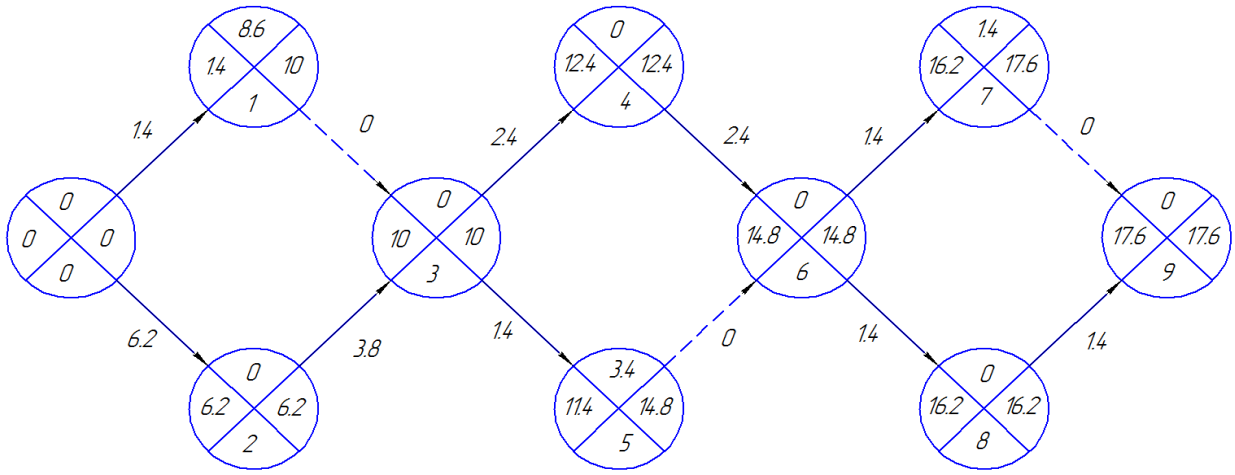


Рис. 6.1 Сетевой график до оптимизации

Таблица 6.4 - Этапы оптимизации

Путь	Длительность	I этап.		II этап.		III этап.		IV этап.		V этап.		VI этап.	
		Изм.	Резул.	Изм.	Резул.	Изм.	Резул.	Изм.	Резул.	Изм.	Резул.	Изм.	Резул.
T_1 T_2	17,6 4,2	-4 +4	13,6 8,2	-0,3 +0,3	13,3 8,5	-1,0 +1,0	12,3 9,5	-0,7 +0,7	11,6 10,2	-0,4 +0,4	11,2 10,6	-0,3 +0,3	10,9 10,9

I этап: с 0-2 на 0-1 => 4 дня;

II этап: с 2-3 на 0-1 => 0,3 дня;

III этап: с 3-4 на 3-5 => 1,0 день;

IV этап: с 4-6 на 3-5 => 0,7 дня;

V этап: с 6-8 на 6-7 => 0,4 дня;

VI этап: с 8-9 на 6-7 => 0,3 дня.

Сетевой график после оптимизации представлен на рисунке 6.2.

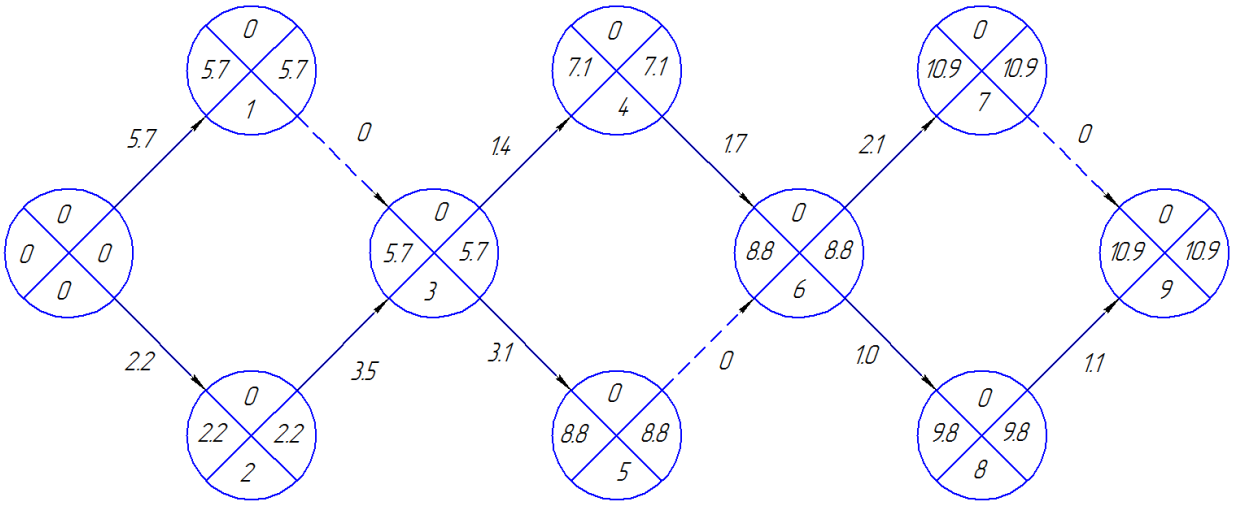


Рис. 6.2 Сетевой график после оптимизации

6.4 Определение состава и фонда заработной платы.

Таблица 6.5 - Штатное расписание исполнителей и расчёт фонда заработной платы

Наименование должностей.	Численность (чел.).	Средняя ставка (руб.).	Количество отработанных дней.	Сумма заработной платы (руб.).
Научный руководитель	1	724,81	3,4	2464,35
Студент	1	124,03	10,9	1351,93
			Итого:	3816,28

Сумма заработной платы для каждого исполнителя:

$$З_{пл} = С_с \times Д_ф, \text{ руб;} \quad (6.8)$$

где $Д_ф$ – фактически отработанное количество дней;

$С_с$ – средняя ставка, руб.

6.5 Определение затрат на НИР.

Затраты на проведение НИР в нашем случае состоят из текущих затрат на проведение исследований.

Основные текущие затраты на проведение НИР:

$$С_{НИР} = З_{пл} + Н_{зпл} + Р_э + С_{об}, \text{ руб.;} \quad (6.9)$$

где $З_{пл}$ – затраты на заработную плату принимаем согласно таблице 6.5, руб.;

$Н_{зпл}$ – отчисления на социальное страхование, принимаем как (30,0% к заработной плате), руб;

$Р_э$ – стоимость потребляемых энергетических ресурсов, руб;

$С_{об}$ – стоимость оборудования, принимаем $С_{об}$=30000 руб. – стоимость стационарного компьютера.

Стоимость потребляемых энергетических ресурсов:

$$Р_э = (М_у \cdot К_м \cdot Т_м \cdot n/\eta \cdot 60) \cdot Ц_э, \text{ руб;} \quad (6.10)$$

где n – число экспериментов, принимаем n = 18;

$М_у$ – установленная мощность, кВт, принимаем $М_у$ = 0,65 кВт;

$К_м$ – коэффициент использования токоприемников по мощности, $К_м$ = 0,7;

$Т_м$ – машинное время на один эксперимент, принимаем $Т_м$ = 5 мин;

η – КПД блока питания, принимаем η = 0,9;

$Ц_э$ – цена за 1кВт электроэнергии, принимаем $Ц_э$ = 2,58 руб./кВт.

По формуле (6.10) найдем стоимость потребляемых энергетических ресурсов:

$$Р_э = (0,65 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 18/0,9 \cdot 60) \cdot 2,58 = 1,95 \text{ руб.}$$

По формуле (6.9) найдем основные текущие затраты на проведение НИР:

$$С_{НИР} = 3816,28 + 1144,88 + 1,95 + 30000 = 34963,11 \text{ руб.}$$

Данная сумма является несущественной, т.к. это исследование поможет в исследовании и управлении самим процессом ТСО, позволит увеличить качество продукции и снизить процент брака деталей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе были выполнены следующие задачи:

1. Изучена и проанализирована научная литература о термосиловой обработке и искусственных нейронных сетях;
2. Проведен анализ процесса термосиловой обработки;
3. Построен алгоритм работы с нейронной сетью;
4. Разработан технологический процесс изготовления вала;
5. Проанализированы и обработаны данные полученные при ТСО;
6. Спроектирована установка для ТСО;
7. Произведен анализ безопасности и экологичности технического объекта;
8. Произведен расчет экономической эффективности;
9. Проведена серия обучения нейронной сети, с изменением параметров и алгоритма обучения.

В результате работы была успешно аппроксимирована сложная нелинейная зависимость, на основе чего был сделан вывод, о возможности применения искусственных нейронных сетей для исследования и управления процессом ТСО.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.

2. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учеб. Пособие для машиностроит. спец. Вузов] – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн: Высш. школа, 1983.- 256с.

3. Зубкова Н.В. Учебно – методическое пособие по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско – технологическое обеспечение машиностроительных производств». / Н.В. Зубкова – Тольятти: ТГУ, 2015. – 73с.

4. Горина, Л.Н. Методические указания к дипломному проектированию / Л.Н. Горина. – Тольятти: ТГУ, 2003г. – 17с.

5. Драчев, О.И. Новая технология термосиловой обработки маложестких валов/О.И. Драчев, Д.Ю.Воронов, Д.А. Расторгуев// Известия Волгоградского государственного технического университета. 2004. № 1. С. 32-35.

6. Патент РФ №2254383. Способ термосиловой обработки длинномерных осесимметричных деталей и устройство для его осуществления/Д.А. Расторгуев, О.И. Драчев, Д.Ю. Воронов. - №2003136837/02; заявл. 19.12.2003; опубл. 20.06.2005, Бюл. №17. – 12 с.

7. Драчев, О.И. Повышение эффективности обработки маложестких валов при комбинированном термосиловом нагружении/О.И. Драчев, Д.А. Расторгуев, М.В. Старостина //Металлообработка. 2012. № 3 (69). С. 30-35.

8. Драчев, О.И. Экспериментальная установка для равномерного осевого пластического деформирования маложестких деталей при термосиловой обработке/О.И. Драчев, Д.Ю.Воронов, Д.А. Расторгуев// Известия Волгоградского государственного технического университета. 2004. № 9. С. 15-18.

9. Патент РФ №2232198. Устройство для термосиловой обработки/ Д.А. Расторгуев, О.И. Драчев, Д.Ю. Воронов/ - 2003113840/02; заявл. 12.05.2003; опубл. 10.07.2004.

10. Драчев, О.И. Моделирование упруго-пластических деформаций при термосиловой обработке/ О.И. Драчев, Д.А. Расторгуев, М.В. Старостина //Вектор науки Тольяттинского государственного университета. –2012. –№ 3. –С. 80-85.

11. Оссовский, С. Нейронные сети для обработки информации/С. Оссовский - Издательство: Финансы и статистика М. 2002 .-345 с.

12. Медведев, В.С. Нейронные сети. Matlab 6/ В.С. Медведев, В.Г.Потемкин. Издательство: Диалог МИФИ - 2002 . – 496 с.

13. Терехов, В.А. Нейросетевые системы управления/ В.А. Терехов, Д.В. Ефимов, И.Ю. Тюкин. – М.: Высш. шк. 2002. – 183 с.

14. Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB/ С.Д. Штовба . – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

15. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH/ А.В.Леоненков. – Спб.:БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.

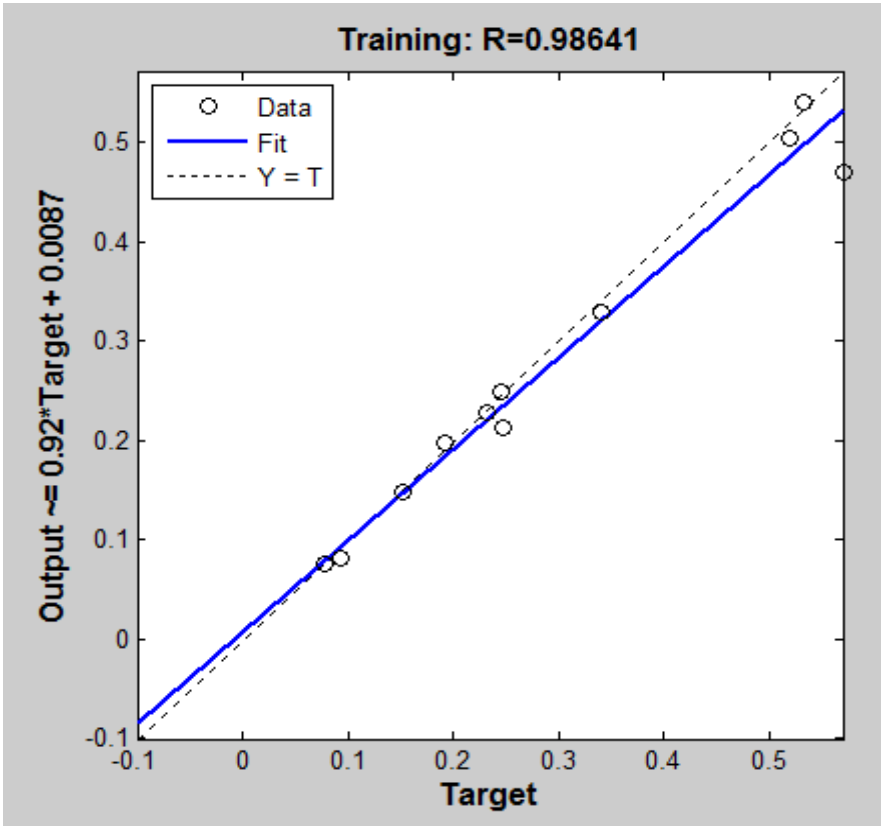
16. Reddy N. S. Temperature Deformation Behavior of Ti-6Al-4V Alloy with an Equiaxed Microstructure: a Neural Networks Analysis/ N. S. Reddy, You-Hwan Lee//Metals and materials International, Vol. 14, No. 2 (2008), pp. 213-221

17. Sun Y. Prediction of Tensile Property of Hydrogenated Ti600 Titanium Alloy Using Artificial Neural Network/ Y. Sun, W.D. Zeng, X.M. Zhang, Y.Q. Zhao, X. Ma//Journal of Materials Engineering and Performance.- Volume 20(3) April 2011 – pp. 345-350

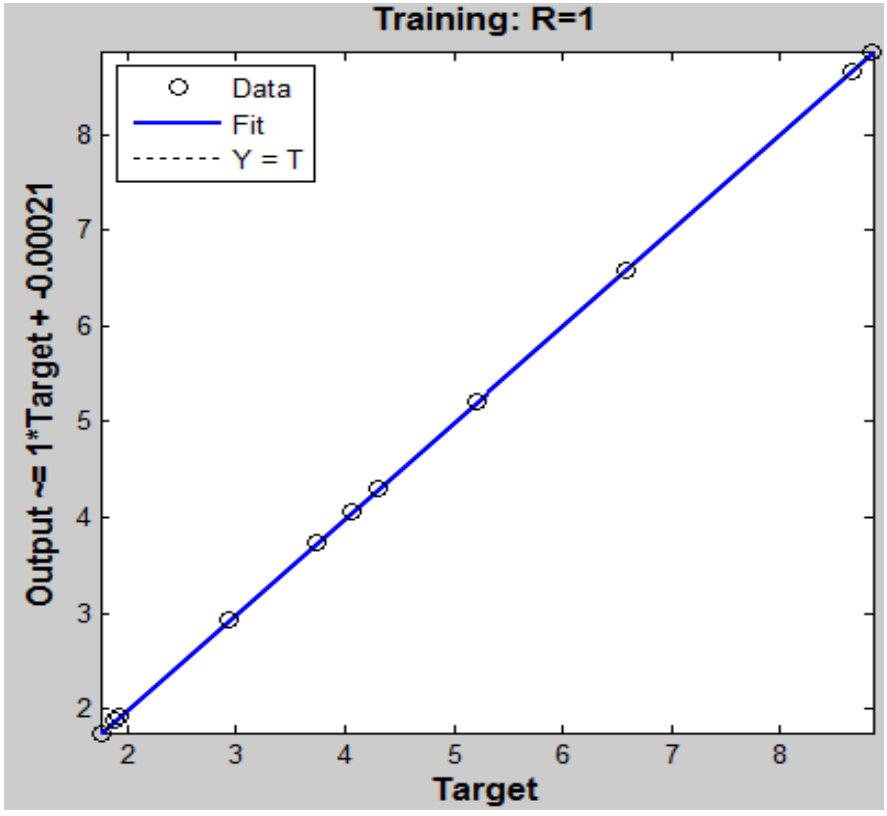
18. Jitender K. Mill-cut: a neural network system for the prediction of thermo-mechanical loads induced in end-milling operations/ K. Jitender, Villedieu L., Xirouchakis P./Int. J. Adv. Manuf. Technol. (2008) 37: pp. 256–264

19. Haykin, S. Neural Networks and Learning Machines// Mc Master University. – Canada, 2008. - p. 936.
20. Cirstea, M. Neural and Fuzzy Logic Control of Drives and Power Systems/ A. Dinu, J. Khor, M. McCormick// Newnes. 2002.- p. 400.

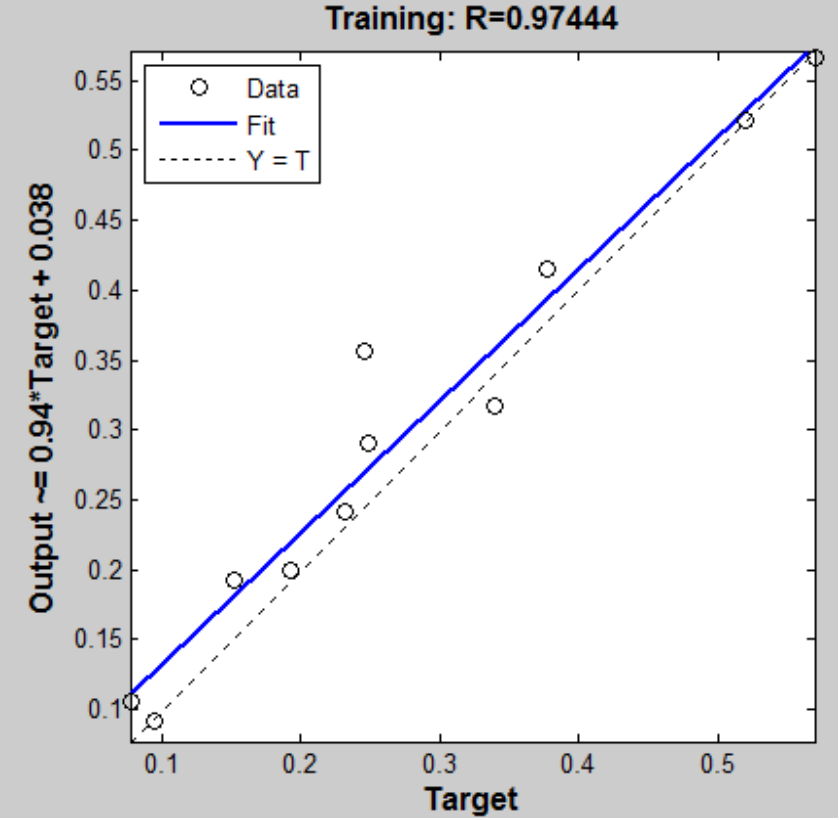
ПРИЛОЖЕНИЯ


Training: R=0.98641
Data
Fit
Y = T
Output ~= 0.92*Target + 0.0087
Target
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.1
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

а)

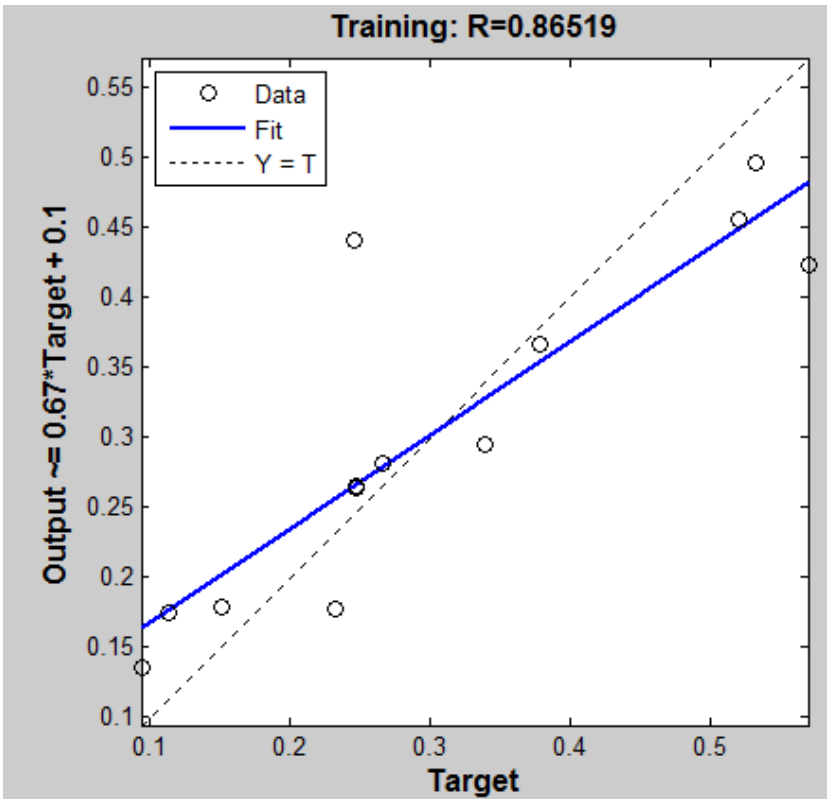

Training: R=1
Data
Fit
Y = T
Output ~= 1*Target + -0.00021
Target
8
7
6
5
4
3
2
2
3
4
5
6
7
8

б)

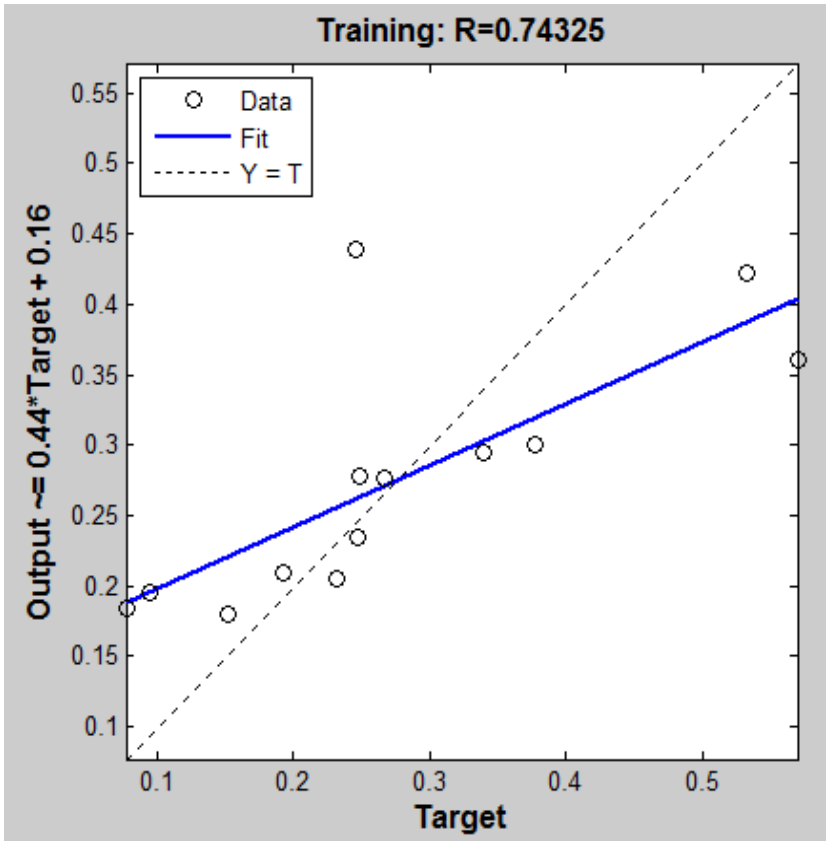


в)

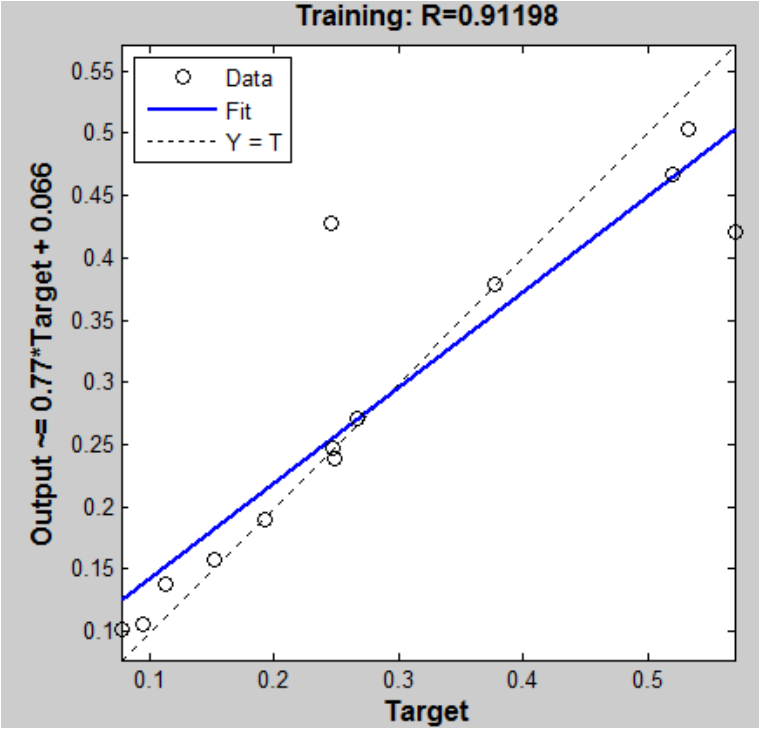
Рис. 4.17 Результаты обучения в зависимости от числа нейронов: а – 10 нейронов; б – 15 нейронов; в – 20 нейронов


Training: R=0.86519
Data
Fit
Y = T
Output ~= 0.67*Target + 0.1
Target
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
0.5
0.55

а)

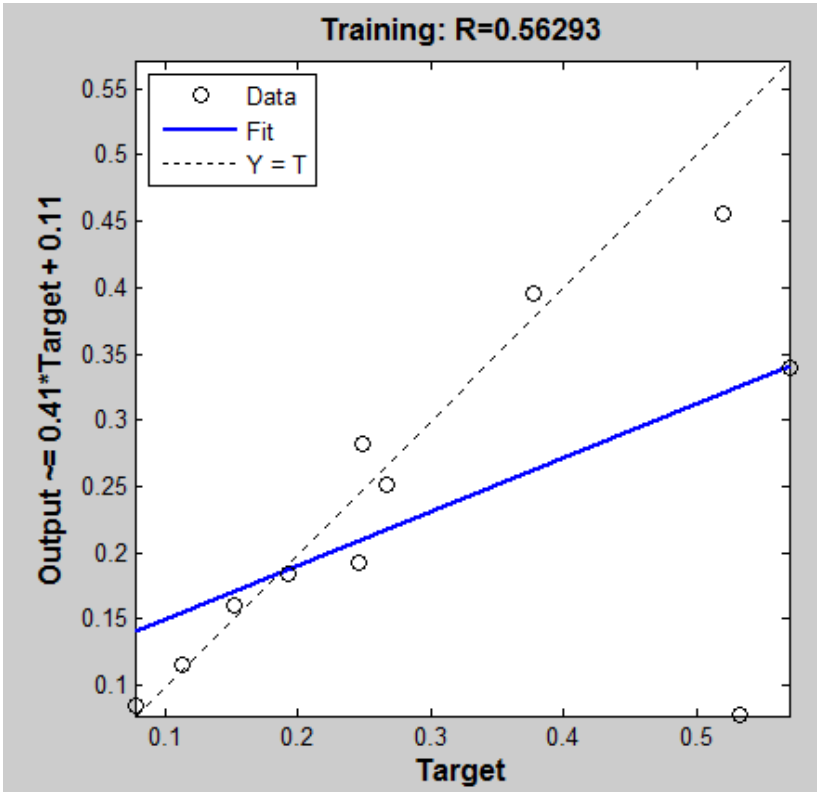

Training: R=0.74325
Data
Fit
Y = T
Output ~= 0.44*Target + 0.16
Target
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
0.5
0.55

б)

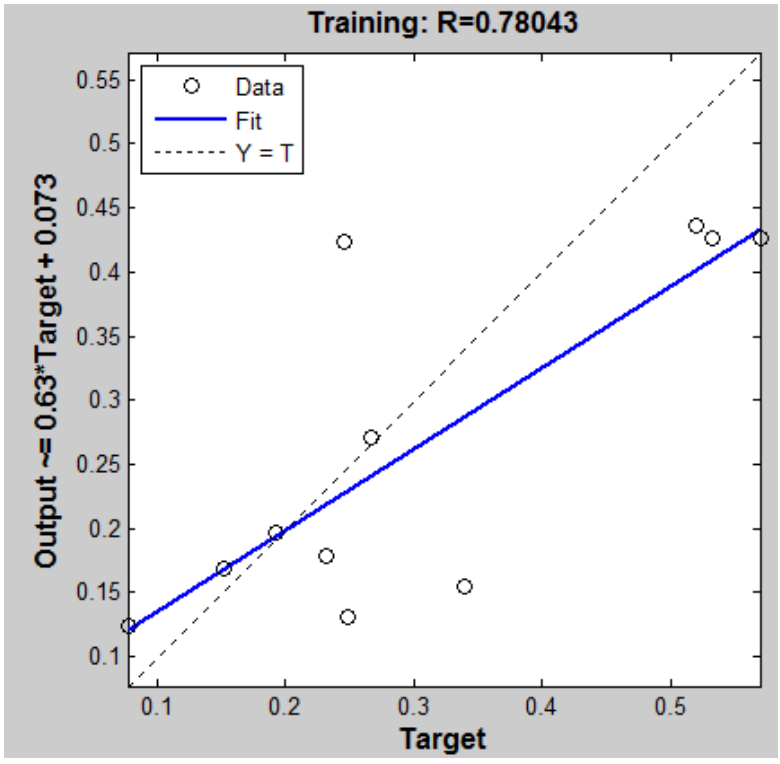


в)

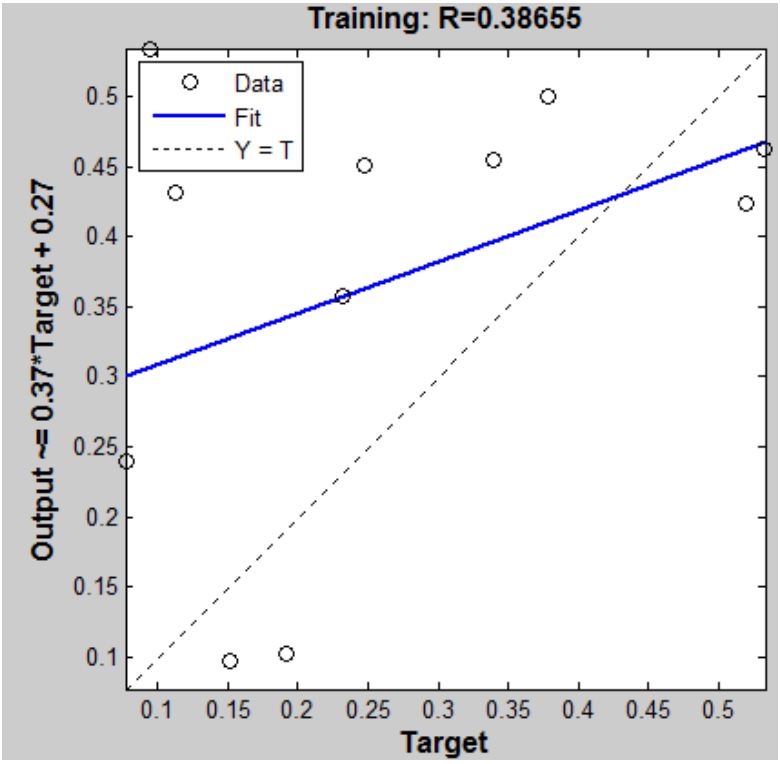
Рис. 4.18 Результаты обучения в зависимости от числа нейронов: а – 10 нейронов; б – 15 нейронов; в – 20 нейронов


Training: R=0.56293
Data
Fit
Y = T
Output ~= 0.41*Target + 0.11
Target
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
0.5
0.55

а)

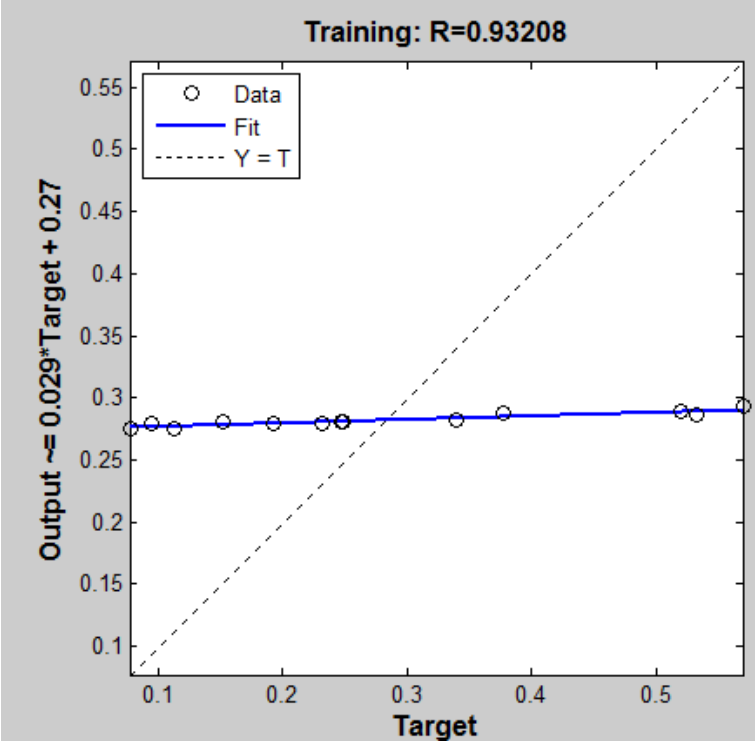

Training: R=0.78043
Data
Fit
Y = T
Output ~= 0.63*Target + 0.073
Target
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
0.5
0.55

б)

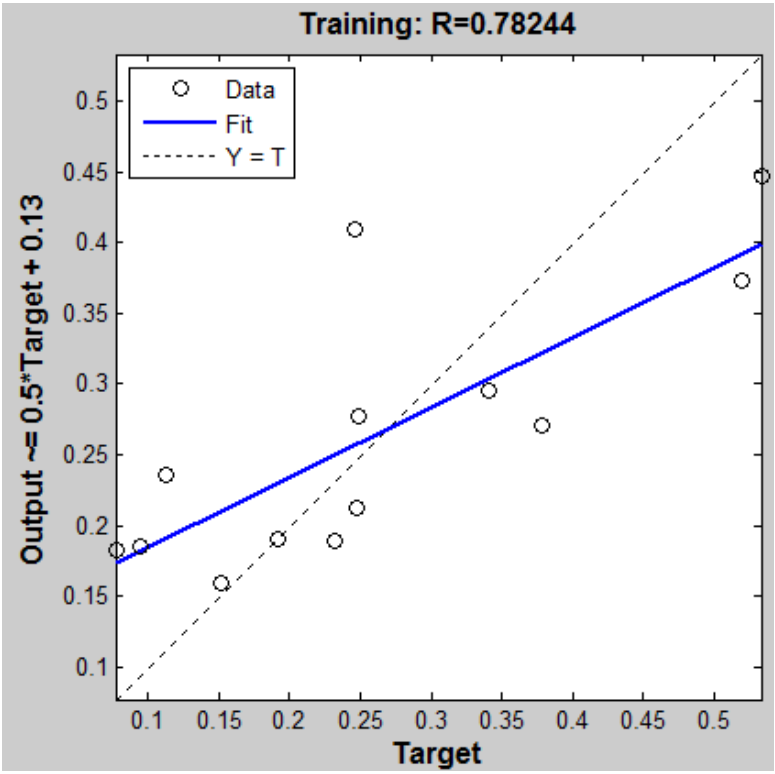


в)

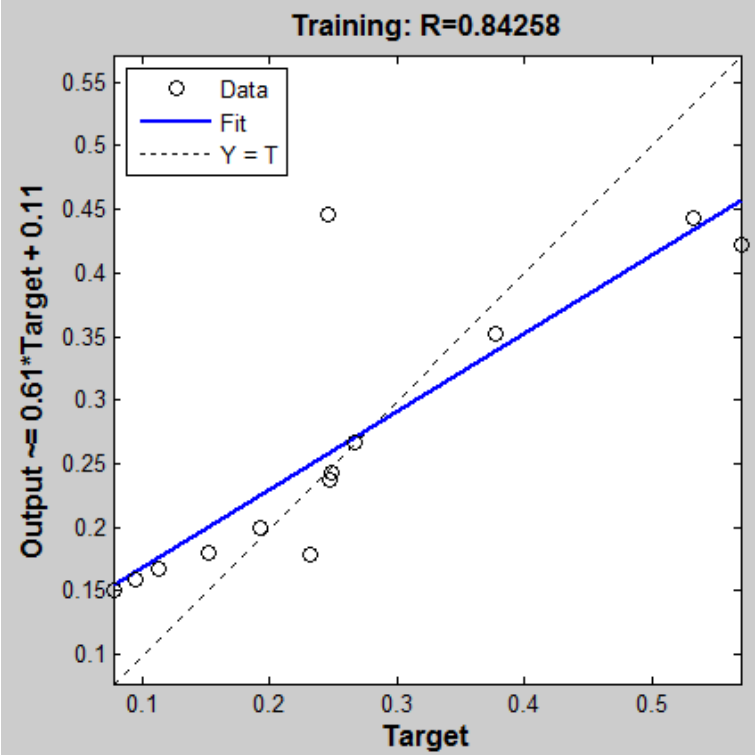
Рис. 4.20 Результаты обучения в зависимости от числа нейронов: а – 10 нейронов; б – 15 нейронов; в – 20 нейронов


Training: R=0.93208
Data
Fit
Y = T
Output ~= 0.029*Target + 0.27
Target
0.55
0.5
0.45
0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

а)

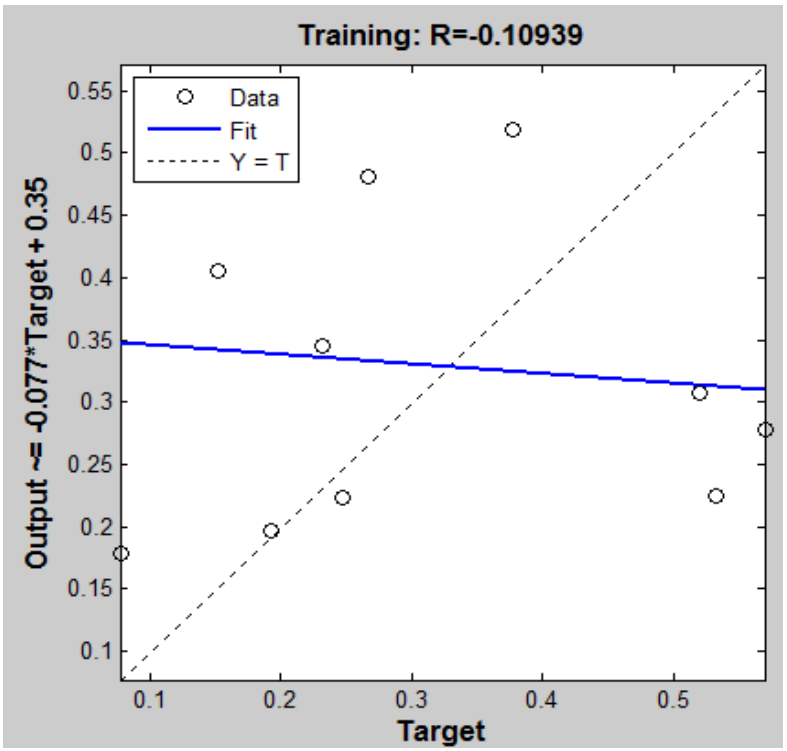

Training: R=0.78244
Data
Fit
Y = T
Output ~= 0.5*Target + 0.13
Target
0.5
0.45
0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
0.5

б)

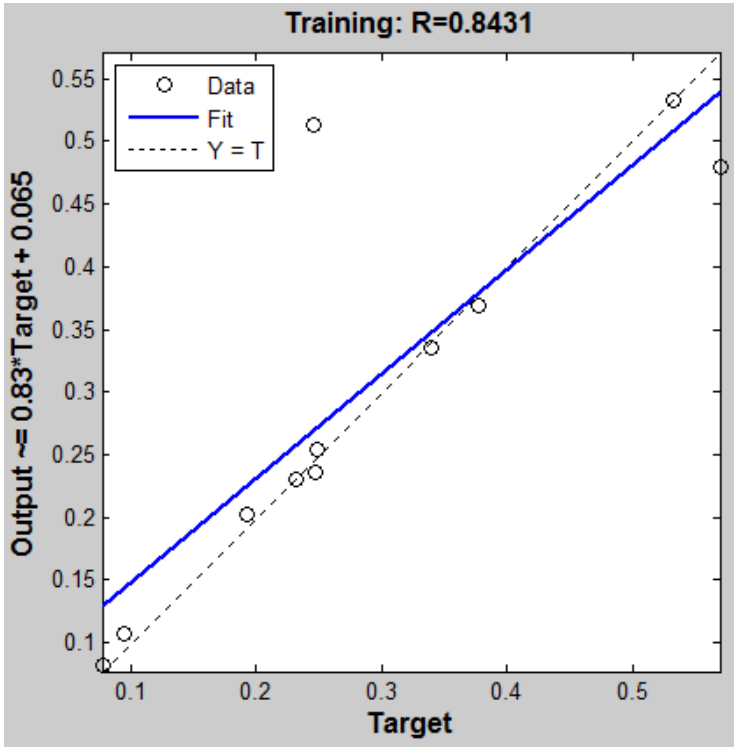


в)

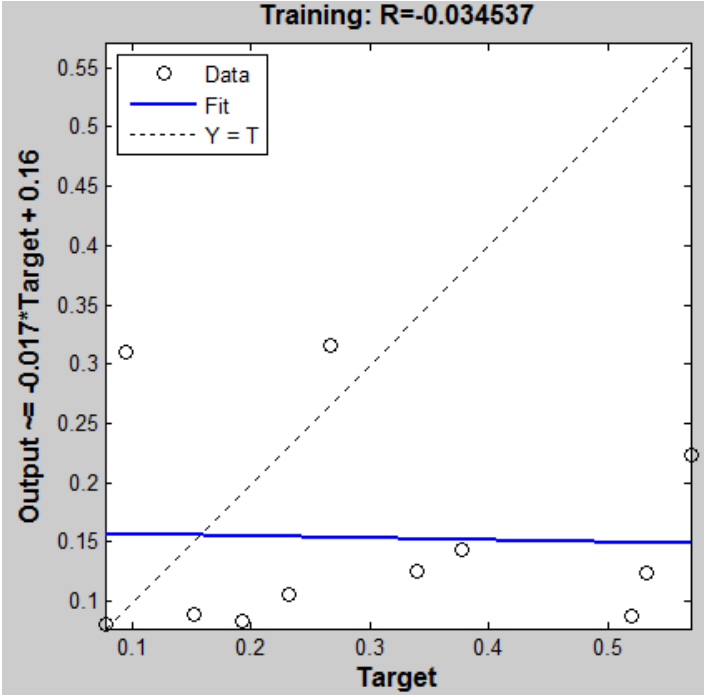
Рис. 4.21 Результаты обучения в зависимости от числа нейронов: а – 10 нейронов; б – 15 нейронов; в – 20 нейронов


Training: R=-0.10939
Data
Fit
Y = T
Output ~= -0.077*Target + 0.35
Target
0.55
0.5
0.45
0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

а)

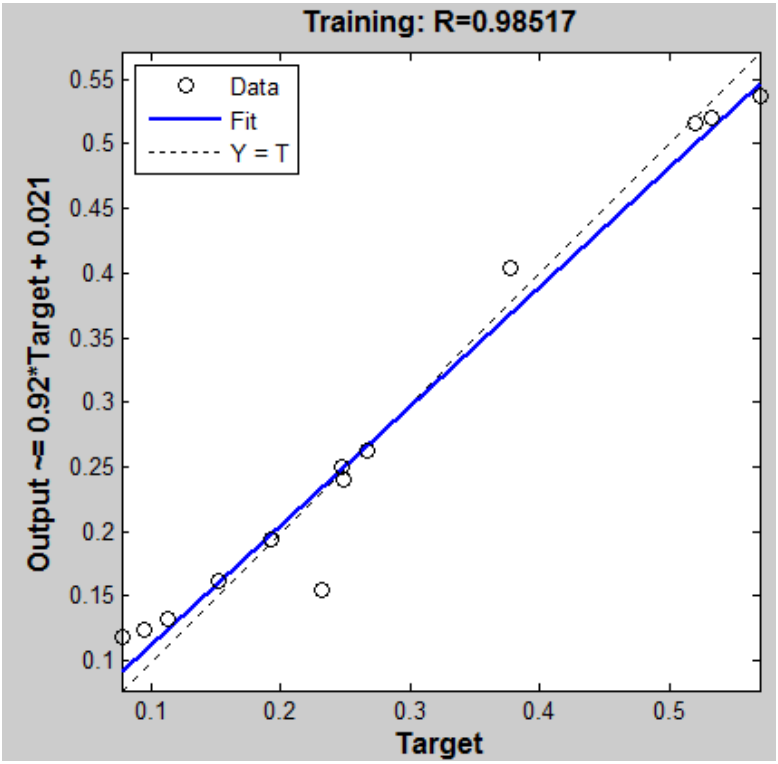

Training: R=0.8431
Data
Fit
Y = T
Output ~= 0.83*Target + 0.065
Target
0.55
0.5
0.45
0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

б)

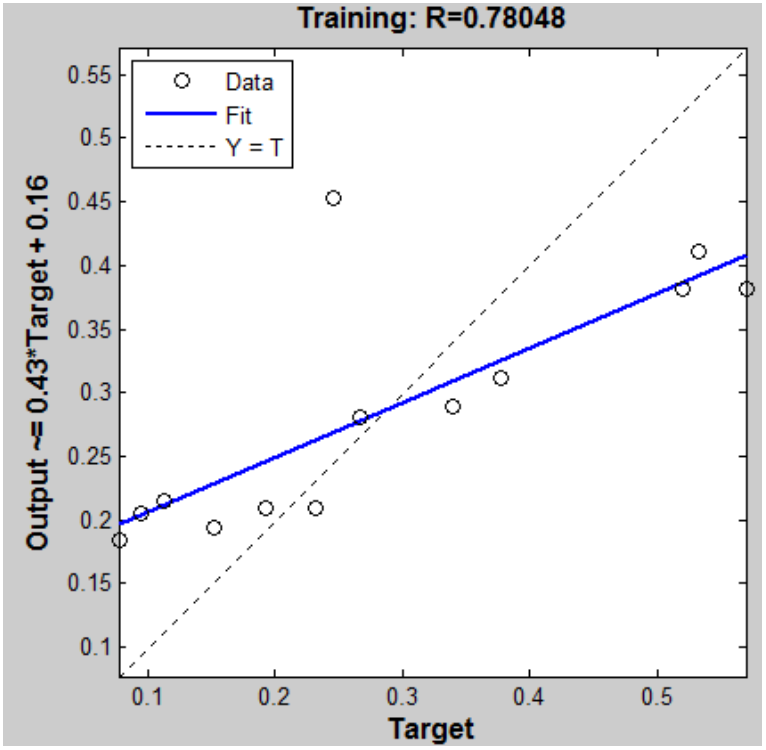


в)

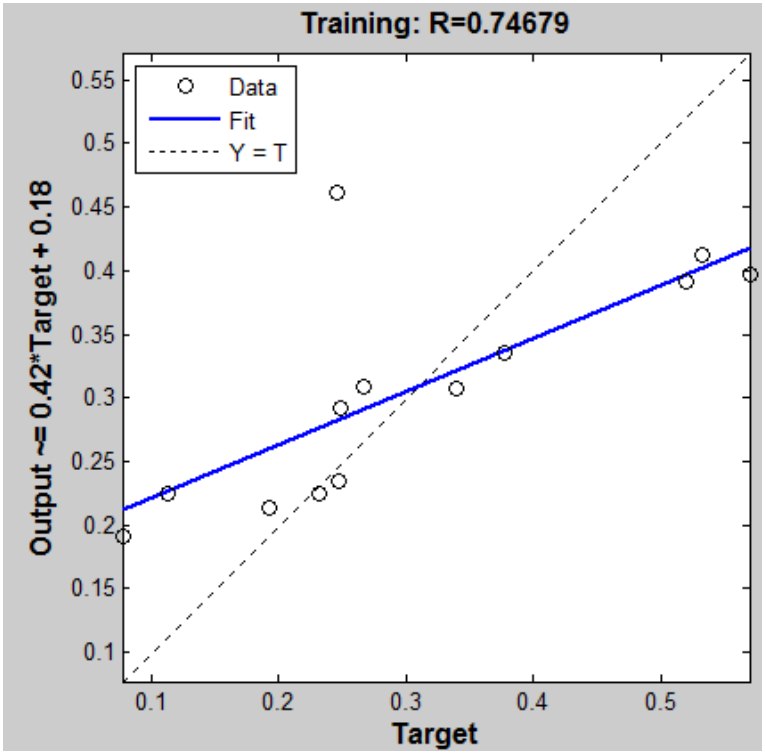
Рис. 4.23 Результаты обучения в зависимости от числа нейронов: а – 10 нейронов; б – 15 нейронов; в – 20 нейронов


Training: R=0.98517
Data
Fit
Y = T
Output ~= 0.92*Target + 0.021
Target
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
0.5
0.55

а)


Training: R=0.78048
Data
Fit
Y = T
Output ~= 0.43*Target + 0.16
Target
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
0.5
0.55

б)



в)

Рис. 4.24 Результаты обучения в зависимости от числа нейронов: а – 10 нейронов; б – 15 нейронов; в – 20 нейронов

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
А1			16.07.64.150.000.СБ	Сборочный чертеж	1	
				Детали		
		1	16.07.64.150.001	Заготовка	1	
		2	16.07.64.150.002	Втулка распорная	7	
		3	16.07.64.150.003	Стапель	1	
		4	16.07.64.150.004	Крышка	1	
				Стандартные изделия		
		5		Штифт 16 х 75 ГОСТ 26862-86	4	
		6		Винт М12 х 35 ГОСТ 4017-2013	8	
		7		Шайба 12 ГОСТ 6402-70	8	
		8		Рым-болт М12 х 25 ГОСТ 4751-73	4	
		9		Рым-болт М10 х 22 ГОСТ 4751-73	4	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Гасс		
Пров.		Расторгуев		
Н.контр.		Виткалов		
Утв.		Бобровский		

16.07.64.150.000.СП

Стапель

Лит.	Лист	Листов
а		1

ТГУ МСб-1203

Копировал

Формат А4