

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СУОТ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

### **1. Постановка проблемы**

Предприятия машиностроения на сегодняшний день характеризуются, в зависимости от уровня собственной экономической успешности, разным состоянием материальной базы: от современного парка станков до производственных фондов 70-х годов прошлого века, отработавших проектные сроки эксплуатации и требующих реконструкции и замены.

Очевидно, что эксплуатация такого «разношерстного» оборудования требует, в свою очередь, различных подходов к вопросам обучения безопасным приемам работы на нем. Но, как правило, процесс обучения вопросам охраны труда на предприятиях формализован и осуществляется строго в соответствии с [1]. Мероприятия, направленные на профилактику нарушений инструкций по охране труда и случаев производственного травматизма, тоже достаточно идентичны и не учитывают специфики производства. Речь идет о ежемесячном Дне охраны труда, трехступенчатом административно-общественном контроле, комплексных проверках состояния охраны труда на рабочих местах и внеочередных проверках состояния охраны труда, а также системе инструктажей и порядке обучения вопросам охраны труда (два последних регламентированы [1]).

Для оценки и анализа состояния охраны труда используются показатели уровня травматизма и профессиональных заболеваний. Статистические данные по числу нарушений и по количеству профилактических мероприятий по охране труда на предприятии используются для составления отчетов. Однако, применение технологий прогноза показателей состояния охраны труда с использованием в них накопленной статистической информации о соотношении числа нарушений к количеству проведенных профилактических мероприятий с последующим анализом эффективности функционирования системы управления охраной труда (СУОТ) на предприятии не наблюдается. Как следствие, при планировании профилактических мероприятий по охране труда решающая роль в принятии решений остается за личным опытом, интуицией специалистов службы охраны труда, а также за теми методами работы, которые сложились годами и считаются традиционными. В этой связи актуальным является исследование наличия взаимосвязи между числом выявляемых нарушений инструкций по охране труда и видами и количеством проводимых профилактических мероприятий с последующим использованием результатов исследования на этапе планирования мероприятий по охране труда.

### **2. Анализ последних достижений и публикаций**

Вопросы повышения качества функционирования СУОТ машиностроительного предприятия рассмотрены в работах [2-4]. Однако использование нейросетевых технологий для принятий управленческих решений по охране труда в них не рассматривались.

В настоящей работе предлагается исследовать возможность использования искусственных

нейронных сетей [5] как инструмента анализа статистических данных о числе выявленных нарушений инструкций по охране труда и видов и числа проведенных профилактических мероприятий с целью последующего планирования мероприятий по профилактике нарушений действующих инструкций по охране труда работниками машиностроительного предприятия.

### 3. Описание исследования

Действительно, эффективность работы СУОТ на машиностроительном предприятии зависит от качества планирования мероприятий по охране труда, организации их исполнения, постоянного контроля, анализа учета, оценки и координации проводимой работы. Реализация указанных составляющих требует соответствующих методического и аппаратного обеспечения, разработки технологий сбора, хранения, обработки информации по условиям труда, мероприятиям профилактики нарушений, формам воздействия на объекты управления рассматриваемой системы.

При надлежащей организации на этапе планирования системы профилактических мероприятий следует ожидать достижения устойчивых тенденций повышения уровня охраны труда, снижения числа нарушений действующих инструкций по охране труда.

Для создания, обучения, тестирования и опроса нейронной сети, соответствующей поставленной задаче, воспользуемся фактическими данными о нарушениях инструкций по охране труда работниками цеха механической обработки металлов одного из приборостроительных заводов г. Харькова, выявленных службой охраны труда предприятия за период 01.01.2009-01.01.2010 г.г.

Управляющие воздействия (входные сигналы –  $X_i$ ) и контролируемые параметры (выходные сигналы –  $Y_i$ ), выбранные для нейронной сети, представлены в табл. 1.

**Таблица 1** – Входные и выходные параметры нейронной сети

Входные сигналы		Выходные сигналы	
обозначение	описание	обозначение	описание
X1	Приостановлено выполнение работы	Y1	количество нарушений
X2	Выписано предписание	Y2	количество нарушений на 1000 ед. продукции
X3	Оторван премиальный талон		
X4	Снижена премия		
X5	Объявлен выговор		
X6	Поощрено за работу по охране труда		
X7	Разработаны и пересмотрены инструкции по охране труда		
X8	Проведено производственное совещание по охране труда		
X9	Проведена внеочередная проверка знаний по охране труда		
X10	Проведено Дней охраны труда		
X11	Смотр-конкурсы по ОТ		
X12	Проведено дней культуры производства		
X13	Комплексная проверка по охране труда		
X14	Проведено обходов рабочих мест		

Исходные данные для модели представлены в таблице 2.

**Таблица 2** – Исходные данные для модели планирования мероприятий по профилактике нарушений охраны труда с использованием нейронной сети

Пе-риод	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>
01.09	11	51	8	5	4	1	1	4	21	1	1	1	0	4	10	0,97
02.09	21	64	10	18	2	1	2	4	34	1	1	0	0	3	13	0,94
03.09	16	63	9	9	8	0	5	4	23	1	1	0	1	5	18	1,12
04.09	47	86	8	19	3	1	1	4	46	1	2	1	0	4	12	0,85
05.09	52	79	17	9	16	1	1	4	19	1	1	0	0	4	24	0,83
06.09	33	72	15	9	7	0	1	4	22	1	1	0	1	5	24	0,96
07.09	14	86	19	11	4	1	2	4	46	1	1	1	0	4	27	0,97
08.09	15	58	8	6	1	0	5	4	38	0	2	0	0	4	25	1,16
09.09	8	56	9	15	6	1	1	4	26	1	1	0	1	5	16	0,90
10.09	26	73	9	17	3	0	1	5	23	1	1	1	1	5	19	1,20
11.09	59	81	14	16	2	1	1	4	51	1	1	0	0	4	16	1,11
12.09	13	58	7	6	2	0	2	5	18	1	2	0	1	5	13	1,04
01.10	25	94	13	18	2	1	1	4	9	0	1	1	0	5	17	0,97
02.10	44	75	10	8	6	1	5	5	15	1	1	0	0	3	19	1,02
03.10	19	53	7	7	3	0	1	4	33	1	1	0	1	5	10	0,97
04.10	14	75	10	14	4	1	1	5	25	1	2	1	0	5	10	0,88
05.10	25	84	8	10	9	1	1	4	18	1	1	0	1	4	14	1,09
06.10	27	78	16	9	8	1	1	4	17	1	1	0	1	4	12	1,03
07.10	31	93	8	12	1	1	1	5	29	0	1	1	0	4	17	0,90
08.10	41	86	11	9	3	0	2	4	36	1	2	0	0	4	13	0,90
09.10	23	76	7	9	6	1	5	4	27	1	1	0	1	5	13	1,12
10.10	9	85	8	12	3	1	2	4	35	1	2	1	1	4	9	1,12
11.10	15	73	10	8	6	0	5	4	23	1	1	0	1	5	9	1,00
12.10	8	74	6	16	5	1	3	4	17	1	1	0	0	4	6	1,03

Обучение сети осуществлялось с использованием метода сопряженных градиентов. Длительность обучения составила 17480 циклов. Оценка способности созданной сети максимально приблизить прогнозируемые значения показателей к заданным осуществлялась с помощью выборочной константы Липшица [5] ( $\lambda_t = 1,244759$ ). Результат расчета константы Липшица  $\lambda_n$ , сравнение полученного значения с выборочной оценкой Липшица ( $\lambda_t > \lambda_n$ ), позволили сделать вывод об удовлетворительном качестве созданной нейронной сети моделирования параметров СУОТ. В табл. 3 представлены статистические показатели производительности созданной сети, которые подтверждают вывод о возможности ее практического использования.

Таблиця 3 – Результати тестирования нейронной сети

Y1	Прогноз сети	Ошибка	Y2	Прогноз сети	Ошибка
10	129,0848	0,915176	0,97	0,0353	-0,00023
13	143,9601	-0,960144	0,94	0,0407	0,00025
18	137,1042	0,895828	1,12	0,0355	-0,00014
12	121,316	0,684036	0,85	0,037	-0,00014
24	214,9133	-0,91333	0,83	0,0776	0,00023
24	223,0759	0,924118	0,96	0,0854	-0,00022
27	267,9069	-0,906891	0,97	0,1045	0,00018
25	215,8056	-0,805603	1,16	0,0727	-0,00012
16	196,8923	-0,892273	0,90	0,073	0,00016
19	189,285	-0,284958	1,20	0,0589	0,00019
16	195,0786	0,921387	1,11	0,0555	-0,00023
13	152,1301	0,869858	1,04	0,0414	-0,00013
17	156,2246	0,77536	0,97	0,0437	-0,00014
19	189,3828	-0,382782	1,02	0,0513	0,00023
10	149,1401	0,859863	0,97	0,0423	-0,00016
10	150,8801	-0,880066	0,88	0,0476	0,00021
14	134,4176	-0,417557	1,09	0,0392	0,00009
12	141,0694	0,930649	1,03	0,0404	-0,00024
17	116,6576	0,34243	0,90	0,0369	-0,00023
13	153,7841	-0,784058	0,90	0,0529	0,00023
13	113,9106	-0,910599	1,12	0,0348	0,00023
9	90,8173	-0,817345	1,12	0,0246	0,0002
9	98,4405	0,559464	1,00	0,0275	-0,00022
6	67,4581	-0,458122	1,03	0,0178	0,00014
Правильно:	24 (100%)	Правильно:	24 (100%)		
Неправильно:	0 (0%)	Неправильно:	0 (0%)		
Всего:	24	Всего:	24		
Ср.ошибка:	0,753829	Ср.ошибка:	0,0001897		
Макс.ошибка:	0,960144	Макс.ошибка:	0,0002481		

Результаты моделирования параметров, приведенных в табл. 1 с использованием программы Brain maker Pro 3.71 [6] показали, что приемлемые результаты обучения и тестирования соответствующей нейронной сети могут быть достигнуты при использовании в качестве сети многослойного персептрона.

Графическая интерпретация результатов приведена на рис. 1 и 2.

Созданная и обученная нейронная сеть моделирования принятых контролируемых параметров СУОТ позволяет определить их прогнозные значения, соответствующие тем или иным новым состояниям системы (условиям труда), связанным, например, с изменениями объема выпускаемой продукции. На вход сети при этом должны быть поданы значения входных переменных ( $X_1 \dots X_{14}$ ), соответствующие предполагаемым изменениям объема производства. По результатам — показателям изменения числа нарушений охраны труда, можно судить о необходимости корректировки количества планируемых мероприятий (контролируемых параметров). В качестве примера табл. 4 приведены результаты опроса

созданной нейронной сети моделирования показателей профилактики нарушений инструкций по охране труда.

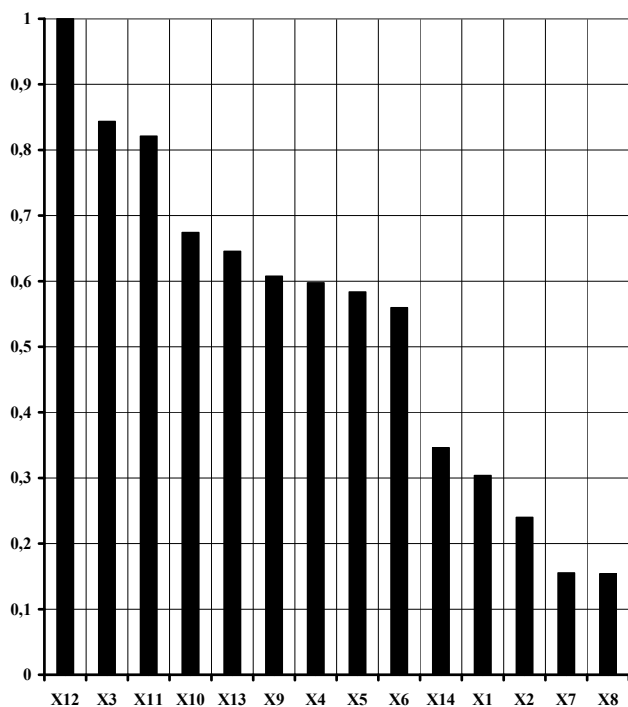


Рис. 1 – Значимость входов для выходного параметра  $Y_1$

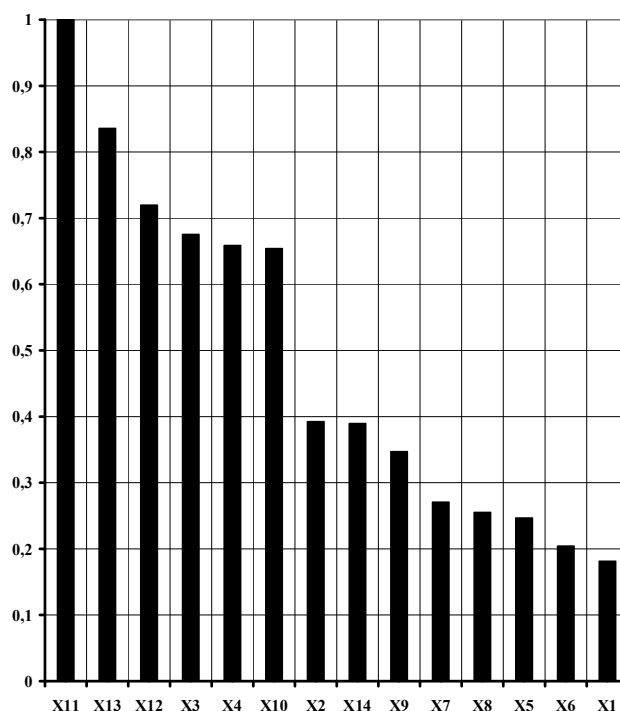


Рис. 2 – Значимость входов для выходного параметра  $Y_2$

Таблица 4 – Результаты опроса нейронной сети моделирования показателей профилактики нарушений охраны труда

X1*	X2*	X3*	X4*	X5*	X6*	X7*	X8*	X9*	X10*	X11*	X12*	X13*	X14*	Y1*	Y2*
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	1,02
0,35	0,56	0,60	0,58	0,45	0,18	0,68	0,35	0,67	0,56	0,30	0,60	0,35	0,65	1,54	0,94
1,31	0,56	0,49	1,16	1,67	1,65	0,24	1,16	0,65	0,61	0,72	1,61	0,58	1,58	0,56	1,36
1,98	1,90	1,34	1,15	2,20	5,84	0,66	0,84	0,82	0,60	1,00	1,84	1,00	1,71	0,21	0,53

Примечание:  $X_i^*$ ,  $Y_i^*$  — факторы изменения  $i$ -го параметра, представляющие собой отношения текущего параметра к базовому (данные за 10.10)

Из анализа представленных данных следует, что сложившийся уровень действия факторов: «Проведено Дней охраны труда», «Разработаны и пересмотрены инструкции по охране труда», «Проведена внеочередная проверка знаний по охране труда», «Проведено производственное совещание по охране труда» нельзя признать эффективными. Возможно, следует пересмотреть наполнение этих мероприятий с позиций проводимых действий, форм контроля и оценок эффективности. Факторы «Комплексная проверка по охране труда», «Смотр-конкурсы по ОТ» и «Снижена премия» не требуют существенных изменений для получения желаемых показателей. В тоже время уровень количества «Объявлен выговор», «Поощрено за работу по охране труда», «Приостановлено выполнение работы», «Выписано предписание» явно

недостаточен и количество указанных мероприятий необходимо увеличить.

### **Выводы из данного исследования**

Трудоемкость процесса подбора факторов – профилактических мероприятий по охране труда для получения желаемых показателей количества нарушений является недостатком предлагаемой модели. Но полученные оценки контролируемых параметров можно использовать как основу для корректировки текущих (годовых) планов проведения мероприятий по охране труда на предприятии. На основании их анализа можно также сделать выводы о качестве функционирования СУОТ на предприятии и его эффективности.

### **Список использованных источников:**

1. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці : затверджено наказом № 15 від 26.01.2005 / Державний комітет України з нагляду за охороною праці.
2. Ступницька Н. В. Математична модель стану виробничого травматизму в механоскладальному цеху / Н. В. Ступницька // Вісник Державного Університету «Львівська Політехніка». Сер. Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні і приладобудуванні : зб. наук. пр. – Львів, 1998. – № 321. – С. 103–105.
3. Гунченко О. М. Вдосконалення системи управління охороною праці на машинобудівних підприємствах : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 – Охорона праці / О. М. Гунченко ; СНУ ім. В. Даля. – Луганськ, 2007. – 20 с.
4. Касьянов М. А. Проблеми стану і необхідності вдосконалення системи управління охороною праці в галузі машинобудування / М. А. Касьянов, В. О. Медяник, О. М. Гунченко, Д. А. Вишневський // Вісник СНУ ім. В. Даля. – Луганськ, 2008. – №6 (124), ч. 2. – С. 3–9.
5. Уоссерман Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика / Ф. Уоссерман ; пер. с англ. – М. : Мир, 1992. – 240 с.
6. <http://www.forekc.ru/12/index.htm>

*Смирнитская М.Б.* «Использование нейросетевых технологий в СУОТ машиностроительного предприятия».

В статье предлагается на этапе планирования для определения количества и видов мероприятий по профилактике производственного травматизма и нарушений действующих инструкций по охране труда использовать нейронную сеть. На примере одного из предприятий машиностроения рассмотрена возможность использования нейросетевой технологии при оценке качества функционирования СУОТ.

**Ключевые слова:** система управления охраной труда, нарушение инструкций по охране труда, профилактика производственного травматизма, нейронная сеть, машиностроительное предприятие.

*Смирнитська М.Б.* «Використання нейромережових технологій в СУОП машинобудівного підприємства».

У статті пропонується на етапі планування для визначення кількості та видів заходів з профілактики виробничого травматизму і порушень чинних інструкцій з охорони праці використовувати нейронну мережу. На прикладі одного з підприємств машинобудування розглянута можливість використання нейромережової технології під час оцінки якості функціонування СУОП.

**Ключові слова:** система управління охороною праці, порушення інструкцій з охорони праці, профілактика виробничого травматизму, нейронна мережа, машинобудівне підприємство.

*Smyrnytska M.B.* “The use of neural network technology in the system of labor protection machine-building enterprise”.

The paper proposed to use a neural network in the planning phase to determine how many and what types of activities for the prevention of accidents and violations of labor protection instructions. For an example, in one of the machine-building enterprise the use of neural network technology for the assessment of quality functioning of system of labor protection considered.

**Key words:** system of labor protection, the violation of labor protection instructions, prevention of industrial injury, neural networks, machine-building enterprise.

Стаття надійшла до редакції 1 жовтня 2013 р.