

УДК 681.335:004.891

А. В. Селиванова, Т. Л. Мазурок, А. П. Селиванов  
**СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ  
РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ОБОБЩЕННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ  
УСТАНОВКОЙ**

**Введение.** В технологическом оснащении современного производства автоматизированные системы управления и регулирования играют важную роль, они способствуют повышению качества продукции и улучшают экономические показатели производства, упрощают работу персонала. Холодильные установки - это сложные объекты, имеющие разнообразную структуру и назначение от бытовых домашних холодильников и торговых витрин до больших многокамерных промышленных холодильников, используемых промышленными предприятиями. Уровень автоматизации холодильных установок используемых в Украине колеблется от полностью автоматизированных до установок с ручным управлением. Промышленные установки с ручным управлением и частично автоматизированные холодильные установки требуют постоянного присутствия управляющего персонала (операторов). Полностью автоматизированные установки, как правило, также требуют присутствия оператора на случай отказа системы автоматизации.

**Обзор и постановка задачи.** Холодильная установка в общем случае представляет собой камеру или группу камер, в которых требуется поддерживать заданную температуру и холодильную машину. Кроме того, в самой холодильной машине есть ряд параметров, требующих регулирования. Число регулируемых параметров зависит от схемы холодильной установки и конструкции отдельных узлов машины. При разработке общей схемы управления холодильной установкой необходимо учесть многообразие схемно-цикловых решений различных установок, что вызывает необходимость в создании моделей и методов управления обобщенной холодильной установкой.

При управлении холодильными установками используют плавное, многопозиционное или двухпозиционное регулирование. Комбинация плавного регулирования (регулирование подачи холодильного агента в систему) и двухпозиционного регулирования (включение/выключение компрессоров) обеспечивает наиболее высокое качество регулирования, поэтому является наиболее предпочтительным, однако его применение требует от системы автоматизации и от оператора учета таких плохо формализованных факторов как выбор способа регулирования (путем включения выключения оборудования или путем регулирования подачи агента в систему), выбор наилучшего угла поворота вентиля, выбор комбинации позиций различных управляющих механизмов и т. д.

Совершенствование средств автоматизированного управления, в частности средств интеллектуального управления, позволяют решать плохо формализованные задачи в условиях неполноты информации, но их адекватное применение сдерживается отсутствием соответственных моделей и методов. Поэтому актуальной и нерешенной проблемой является разработка моделей и методов автоматизации управления обобщенной холодильной установкой.

В работах разных авторов встречаются попытки разработки интеллектуальных методов для применения при управлении технологическими процессами, в частности холодильными установками. Так, в работе [1] показана разработка нечеткой модели управления холодильной установкой Одесского припортового завода, однако она не учитывает ряд важных параметров, и по мнению авторов требует экспериментальной проверки. В работе Абзалова А. В. разработан алгоритм идентификации предаварийных ситуаций с использованием методов искусственного интеллекта в процессе управления аммиачной холодильной установкой. Таким образом, возникает необходимость в разработке системы интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении обобщенной холодильной установкой, что и является целью настоящей статьи.

**Общая схема управления.** Опираясь на классическую модель управления [2], разработана схема управления обобщенной холодильной установкой для компьютерного тренажера (рис. 1).

**Модель управления.** Модель объекта управления можно представить в виде зависимости  $F$ , связывающей состояние  $Y$  объекта с его входами — неуправляемым  $X$  и управляемым  $U$ :

$$Y = F(X, U). \quad (1)$$

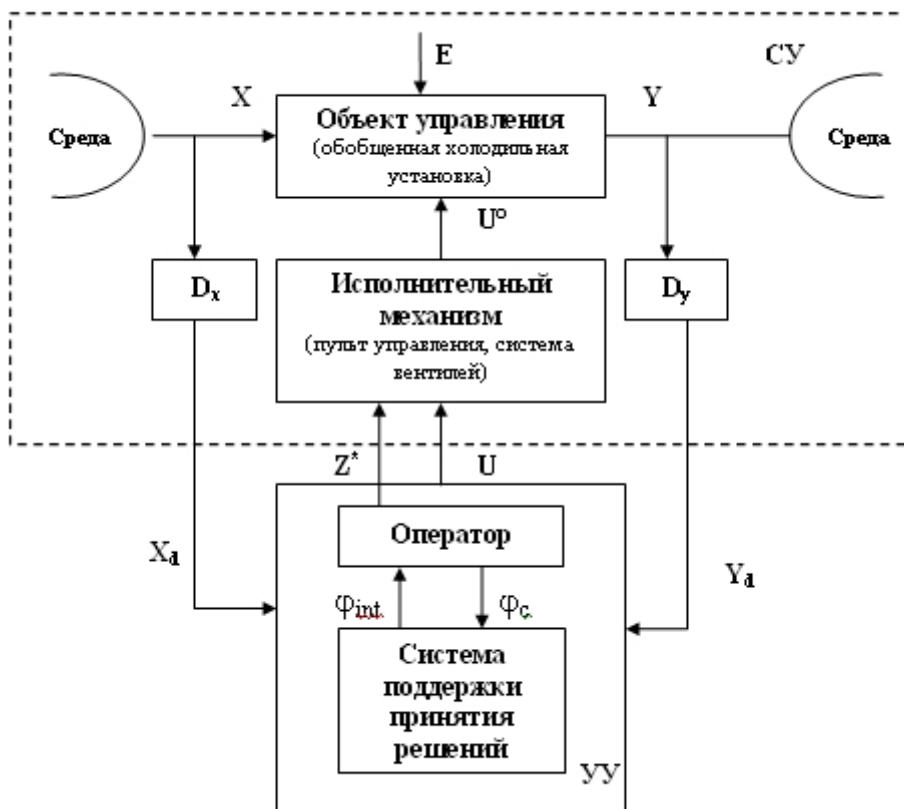


Рис.1. Общая схема управления холодильной установкой

Модель  $F$  представляет собой высказывание относительно связи между входами  $X$  и  $U$  модели и ее выходом на любом удобном языке. В общем случае модель  $F$  определяется некоторым алгоритмом, который указывает, как, располагая информацией о входах  $X$  и  $U$ , определить выход  $Y$ , не обращая к реальному объекту. Располагая информацией о состоянии среды, объекта и цели можно представить управление как результат работы алгоритма

$$U = \phi(I, Z^*) . \tag{2}$$

где  $\phi$  – алгоритм управления, представляющий собой оператор, преобразующий информацию о среде, объекте и цели в управление  $U$ , реализация которого  $U^o$  должна переводить объект в требуемое состояние  $Z^*$ .

**Блок интеллектуальной поддержки СППР.**

Процесс управления холодильной установкой условно состоит из 3 этапов: «пуск», «выход на режим», «поддержание режима». В момент «Пуска» установка находится в начальном состоянии:

$$t_{kam} = t_{os} > t_{зад} , \tag{3}$$

где  $t_{kam}$  – температура в камере,  
 $t_{os}$  – температура окружающей среды,

$$Q_{об} > Q_{отв} = 0 , \tag{4}$$

где  $Q_{об}$  – величина теплопритоков (через ограждения, от персонала, освещения и т. д.),  
 $Q_{отв}$  – количество теплоты, отводимой холодильной машиной.

С точки зрения теории управления этап «выход на режим» соответствует фазе перевода в целевое состояние. На этом этапе под действием управляющих воздействий  $t_{kam} \rightarrow t_{зад}$ ,  $Q_{отв} \rightarrow Q_{отв}$ . При этом как правило этот этап должен протекать заданный промежуток времени  $\tau_{вр}$ .

Этап «поддержание режима», с точки зрения теории управления соответствует фазе стабилизации. При этом  $t_{kam}$  уже достигла  $t_{зад}$  и  $Q_{отв} = Q_{об}$ , и целью управления является поддержание системы в таком состоянии (рис 2).

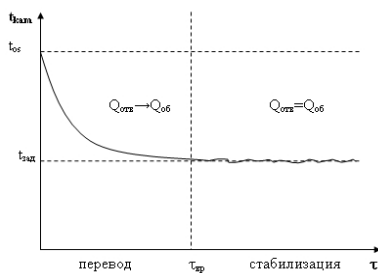


Рис.2. Фазы управления холодильной установкой

На всех представленных этапах управленческие решения принимает оператор и от его решений зависит качество управления. Совершенствование средств автоматизированного управления, в частности средств интеллектуального управления, позволяют решать плохо формализованные задачи. Таким образом, система поддержки принятия решений может иметь интеллектуальную составляющую, прогнозирующую состояние системы и предлагающую рекомендацию по выбору управляющего воздействия.

**Реализация.**

Задачи прогнозирования хорошо решаются с помощью аппарата нейронных сетей. В процессе функционирования нейронная сеть формирует выходной сигнал  $Y$  в соответствии с входным сигналом  $X$ , реализуя некоторую функцию  $Y = g(X)$ . Если архитектура сети задана, то вид функции  $g$  определяется значениями синаптических весов и смещений сети. Решить поставленную задачу с помощью нейронной сети заданной архитектуры - это значит синтезировать функцию  $g$ , подобрав параметры нейронов таким образом, чтобы функционал качества обращался в оптимум для всех пар  $(X^*, Y^*)$ . Обучение состоит в синтезе функции  $g$ , что требует длительных вычислений и представляет собой итерационную процедуру. На каждой итерации происходит уменьшение функции ошибки.

Для процесса обучения нейронной сети необходимо иметь массив обучающих данных, полученных экспериментальным путем. Для получения обучающей выборки при решении задачи прогнозирования состояния системы и выбора управляющего воздействия был произведен анализ журналов суточной работы компрессорного цеха Одесского мясоперерабатывающего завода, взятых за годовой период. Эти журналы содержат данные, снятые с показаний датчиков через малые промежутки времени.

На базе полученных данных с помощью программы Neuro Pro была построена и обучена нейронная сеть. Часть обучающей выборки представлена на рисунке 3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	TSND	TN_SVD	TNISTUP	TO-30	TO-12	TK	PK	PO-30	PO-12	RPR	TV_VHOD	TV_VIHOD	TOS	RV_QSN	TKAMI	ZAGRUZKA	KRVKAM
2	58	82	112	-30	-18	17	7	1	2	3	12	14	0	40	-24	0	10
3	59	83	112	-30	-18	17	7	1	2	3	12	14	0	40	-24	0	10
4	59	83	112	-30	-18	17	7	1	2	3	12	14	1	40	-24	0	10
5	60	84	112	-30	-18	17	7	1	2	3	12	14	0	40	-24	0	10
6	59	83	112	-30	-18	17	7	1	2	3	12	14	0	40	-24	0	20
7	59	83	111	-30	-18	16	7	1	2	3	12	14	0	40	-24	10	20
8	59	83	111	-30	-18	15	7	1	2	2	12	14	-1	40	-24	10	20
9	59	83	109	-33	-17	15	7	1	2	2	12	14	0	45	-22	20	35
10	75	86	115	-33	-19	18	8	1	2	2	12	14	2	45	-22	20	35
11	74	86	114	-35	-19	22	8	1	2	2	12	14	3	45	-22	20	35
12	64	85	112	-35	-19	21	8	1	2	3	12	14	4	45	-22	20	35
13	64	85	112	-35	-20	19	8	1	2	3	12	14	5	45	-23	20	40
14	64	85	111	-35	-20	19	8	1	2	3	12	14	6	45	-23	30	45
15	62	86	111	-35	-20	19	8	1	2	3	13	15	6	45	-23	30	45
16	64	86	112	-35	-20	19	8	1	2	3	13	15	6	50	-23	30	45
17	62	86	111	-35	-20	19	8	1	2	3	13	15	6	50	-23	30	45
18	63	86	112	-35	-20	19	8	1	2	3	13	15	5	50	-23	30	45
19	64	86	112	-34	-20	19	8	1	2	3	13	15	4	55	-22	30	45
20	62	85	109	-34	-17	19	7	1	2	3	13	15	3	45	-22	30	45
21	63	85	114	-33	-17	19	7	1	2	3	13	15	2	40	-22	30	45

Рис.3. Обучающая выборка, полученная экспериментальным путем

Значимость входных сигналов отражена на рисунке 4.

Сигнал	Значимость
TSND	0.638804
TN_SVD	0.6474019
TNISTUP	0.6884335
TO-30	0.483417
TO-12	0.450235
TK	0.1987429
PK	1
PO-30	0
PO-12	0.5450662
RPR	0.6785376
TV_VHOD	0.3130617
TV_VIHOD	0.2395038

Рис.4. Значимость входных сигналов

Результат обучения представлен на рисунке 5.

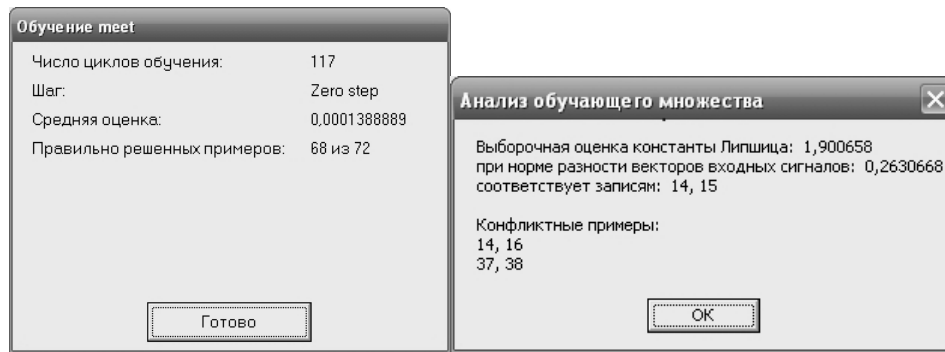


Рис. 5. Результаты обучения

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Анализ полученных результатов показал, что применение аппарата нейронных сетей в качестве интеллектуальной составляющей системы поддержки принятия решения в модели управления холодильной установкой является целесообразным. Планируется продолжить компьютерные эксперименты с целью улучшения структуры сети и уменьшения функции ошибки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Живица Ю.В., Онищенко О.А. Управление промышленной холодильной установкой с использованием алгоритмов нечеткой логики. //Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 4/2008 (51). Частина 2 – с. 140-143
2. Растринин Л. А. Современные принципы управления сложными объектами./ Л. А.Растринин. – М.: Сов. Радио, 1980 – 232 с.: ил.
3. Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети теория и практика. – 2 изд., стереотип. – М.: Горячая линия–Телеком, 2002. – 382 с.: ил.

СЕЛИВАНОВА Алла Витальевна, аспирантка, старший преподаватель кафедры информационных технологий и кибербезопасности, Институт холода, криотехнологий и экоэнергетики Одесской национальной академии пищевых технологий

СЕЛИВАНОВ Артем Павлович, преподаватель комиссии холодильно-компрессорных машин и установок, Одесский технический колледж Одесской государственной академии пищевых технологий

МАЗУРОК Татьяна Леонидовна, д.т.н., профессор кафедры прикладной математики и информатики, Южноукраинский национальный педагогический университет им. К.Д. Ушинского