

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ОБОБЩЕННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ

*Аннотация.* В данной работе рассмотрен процесс управления обобщенной холодильной установкой, как сложным объектом, разработана схема системы управления и схема взаимодействия оператора с системой управления.

*Ключевые слова:* моделирование, автоматизация управления, холодильная установка, компьютерный тренажер.

**Введение.** Необходимым этапом решения задач управления нелинейными динамическими системами является получение их адекватных математических моделей, базирующееся, как правило, на теоретическом и экспериментальном анализе свойств этих систем. Одной из классических моделей системы управления (СУ) является модель с обратной связью с регулируемым в реальном масштабе времени коэффициентами, например самонастраивающийся регулятор Астрома. Коэффициенты такого контроллера регулируются в течение каждого цикла управления в соответствии с оценкой параметров системы. Другой хорошо известной моделью СУ является модель Ляпунова. Системы адаптивного управления, использующие эталонную модель Ляпунова, проектируются таким образом, чтобы выходной сигнал управляемой модели, в конце концов, соответствовал выходному сигналу предварительно определенной модели, которая имеет желаемые характеристики. Однако область применения таких моделей ограничена[1].

**Постановка задачи.** При моделировании системы управления холодильной установкой для компьютерного тренажера возникает необходимость в ее обобщении, что позволяет гибко настраивать параметры управления под любые частные случаи её конфигурации. В связи со слабой формализацией и высокой степенью неопределённости процесса принятия решения об управляющем воздействии со стороны оператора, наиболее перспективным при моделировании СУ

обобщенной холодильной установки является применение аппарата нейронных сетей в комбинации с нечеткой логикой[2].

Системы управления, так или иначе использующие искусственные нейронные сети (НС), являются одной из возможных альтернатив классическим методам управления. В них назначением нейросетевого контроллера является выработка адекватного управляющего сигнала для управления динамикой состояний объекта управления от начального состояния до желаемого итогового состояния. Организация контроля за состоянием объекта управления (ОУ) и реализация нейросетевого контроллера в значительной степени зависят от выбранного алгоритма обучения и используемой структуры управления[1]. Таким образом, возникает необходимость в разработке схемы СУ и схемы взаимодействия субъекта с системой управления.

**Схема системы управления обобщенной холодильной установкой для компьютерного тренажера.** Известная схема управления [1] предполагает, что процесс управления сложным объектом состоит из следующих этапов: формулировки целей управления  $\{Z^*\}$ , определения объекта управления, структурного синтеза модели, идентификации параметров модели, планирования экспериментов, синтеза управления, реализации управления и коррекции.

Объектом управления будем считать обобщенную холодильную установку, а именно сложный объект переменной структуры, которую можно представить в виде:

$$S_{\text{grm}} : \{ K_n, K_{\text{prod}}, K_t, K_r, K_{\text{ha}}, K_o, K_e, K_s, K_{\text{vn}}, K_{\text{kam}}, K_{\text{rv}} \}, \quad (1)$$

где  $K_n$  – назначение,

$K_{\text{prod}}$  – продуктивность,

$K_t$  – температурный режим,

$K_r$  – режим работы,

$K_{\text{ha}}$  – вид холодильного агента,

$K_o$  – вид охлаждения,

$K_e$  – вид энергии,

$K_s$  – количество компрессоров,

$K_{\text{vn}}$  – количество водяных насосов,

$K_{\text{kam}}$  – количество камер охлаждения,

$K_{rv}$  – количество регулирующих вентилялей.

Основным целевым критерием при управлении любой холодильной установкой является поддержание температуры в холодильных камерах на заданном уровне:

$$z_1 : \{t_{kam_i}\} = const, \quad (2)$$

$$i = \{1..K_{kam}\} \quad (3)$$

Немаловажным критерием является время выхода на режим установки, которое должно быть минимальным:

$$z_2 = t_{vr} \rightarrow \min \quad (4)$$

При этом затраты электроэнергии должны быть также минимальными:

$$z_3 \rightarrow \min \quad (5)$$

Таким образом, с учетом (2) – (5), цель управления

$$Z^* : (z_1 = const, z_2 \rightarrow \min, z_3 \rightarrow \min) \quad (6)$$

Измеряемыми входными факторами является температура окружающей среды  $x_1 = t_{os}$  и относительная влажность  $x_2 = \phi_{os}$  следовательно, вектор измеряемых входных факторов

$$X = \{x_1, x_2\} \quad (7)$$

На ОУ постоянно оказывают влияние ненаблюдаемые факторы среды, которыми в случае холодильной установки можно считать теплопритоки

$$E = \{Q_{об}\} = \{Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5\}, \quad (8)$$

где  $Q_{об}$  – нагрузка на камерное оборудование,

$Q_1$  – теплоприток через ограждающие конструкции,

$Q_2$  – теплоприток от продуктов,

$Q_3$  – теплоприток при вентиляции,

$Q_4$  – эксплуатационный теплоприток,

$Q_5$  – теплоприток от овощей и фруктов в процессе «дыхания».

Исходными факторами, которые характеризуют состояние объекта, является вектор

$$Y = \{z_1, T, P, H\}, \quad (9)$$

где  $T$  – вектор температур:

$$T : \{t_{vs}, t_n, t_k, t_0, t_{w1}, t_{w2}\}, \quad (10)$$

где

$t_{vs}$  – температура всасывания,

$t_n$  – температура нагнетания,

$t_k$  – температура конденсации,

$t_0$  – температура кипения холодильного агента,

$t_{w1}, t_{w2}$  – температура воды на входе и выходе из конденсатора

соответственно.

Каждый из этих параметров, кроме  $t_0, t_{w1}, t_{w2}$  в свою очередь является множеством из  $K_s$  элементов;

$P$  – вектор давлений:

$$P : \{p_{vs}, p_n, p_k, p_0, \Delta P\}, \quad (11)$$

где

$p_{vs}$  – давление всасывания,

$p_n$  – давление нагнетания,

$p_k$  – давление конденсации,

$p_0$  – давление кипения холодильного агента,

$\Delta P$  – разность давлений до и после маслоотсоса.

$p_{vs}, p_n$  и  $p_k$  в свою очередь являются множествами из  $K_s$  элементов;

$H$  – вектор уровней:

$$H : \{H_M, H_{MO}, H_{MЗС}, H_{МС}, H_{КД}, H_{ЛР}, H_{ОЖ}, H_g\}, \quad (12)$$

где

$H_M$  – уровень масла в компрессоре,

$H_{MO}$  – уровень масла в маслоотделителе,

$H_{MЗС}$  – уровень масла в маслозаклапывочном сосуде,

$H_{МС}$  – уровень масла в маслосборнике,

$H_{КД}$  – уровень холодильного агента в конденсаторе,

$H_{ЛР}$  – уровень холодильного агента в линейном ресивере,

$H_{ОЖ}$  – уровень ха в отделителе жидкости,

$H_g$  – уровень заполнения камеры грузом,

$D_X, D_Y$  – операторы датчиков, с помощью которых измеряется состояние среды и объекта соответственно. Результаты измерений

$$X_d = D_X(X) \text{ и } Y_d = D_Y(Y) \quad (13)$$

являются исходной информацией для управляющего устройства, которое вырабатывает управляющее воздействие  $U$ .

Управляющим устройством является система управляющих вентиляей, которые регулируют подачу холодильного агента и воды в систему. Таким образом:

$$Y = F^\circ(X, U, E) \quad (14)$$

Основой для выработки управляющего воздействия служит информация о сложившейся ситуации

$$I = \langle X_d, Y_d \rangle \quad (15)$$

Располагая информацией о состоянии среды, объекта и цели можно представить управление как результат работы алгоритма

$$U = \phi(I, Z^*), \quad (16)$$

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

Только с помощью модели объекта можно построить управление  $U$ , переводящее сложный объект в целевое состояние  $Z^*$ . Без модели процесс управления можно реализовать лишь методом проб и ошибок, что неприемлемо при управлении сложным объектом, так как требует слишком больших затрат времени и заставляет подвергать объект ошибочным действиям, что в случае холодильной установки не приемлемо.

Под моделью объекта управления будем понимать зависимость  $F$ , связывающую состояние  $Y$  объекта с его входами — неуправляемым  $X$  и управляемым  $U$ :

$$Y = F(X, U) \quad (17)$$

В отличие от оператора объекта  $F^\circ$ , который неизвестен, модель  $F$  представляет собой высказывание относительно связи между входами  $X$  и  $U$  модели и ее выходом на любом удобном языке. В об-

щем случае модель  $F$  определяется некоторым алгоритмом, который указывает, как, располагая информацией о входах  $X$  и  $U$ , определить выход  $Y$ , не обращаясь к реальному объекту.

Субъект является активной стороной и отражает в процессе своего взаимодействия со средой не только состояние этой среды, но и свои собственные интересы и потребности, связанные с жизнедеятельностью. Для рассматриваемой системы субъектом является оператор холодильной установки или группа операторов, называемая сменой. Поэтому под субъектом, следует понимать активную систему, чьи интересы должны быть отражены в СУ.

Предлагаемая схема взаимодействия субъекта с СУ обобщенной холодильной установкой представлена на рис 1. Особенностью данной схемы является то, что она содержит систему интеллектуальной поддержки (СИП). СИП, с помощью современных методов искусственного интеллекта производит и предоставляет системе принятия решения и системе управления алгоритм оптимального управления  $\phi_{int}$ , который сравнивается с алгоритмом управления сформированным оператором  $\phi_c$ . Такое сравнение позволяет дать оператору подсказку либо оценить его действия и не допустить формирование неправильного управляющего воздействия.

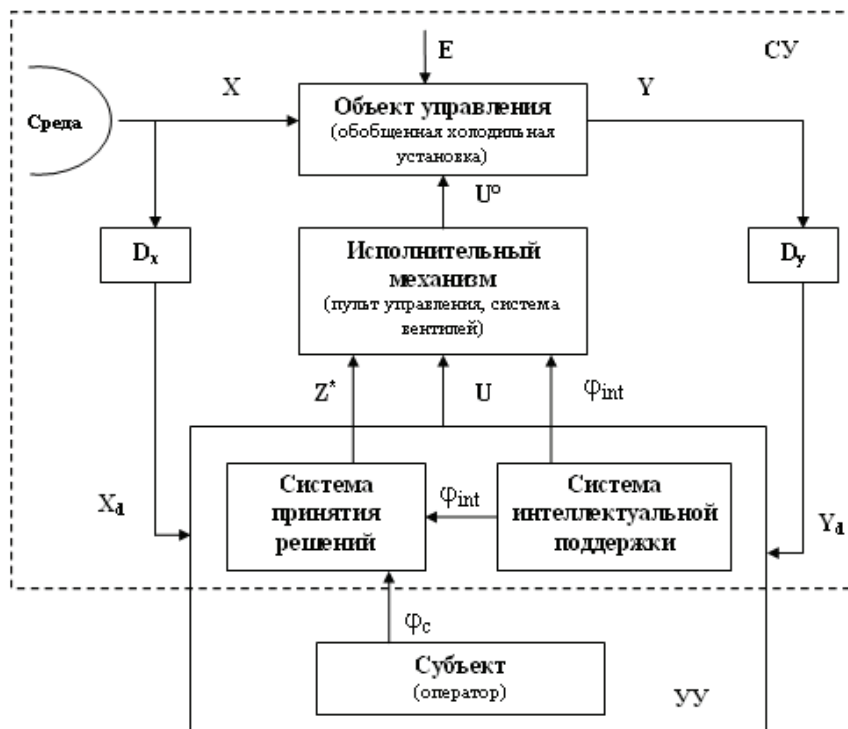


Рисунок 1 – Схема взаимодействия субъекта с системой управления

**Выводы и перспективы исследования.** Применение системы интеллектуальной поддержки при моделировании управления обобщенной холодильной установкой позволяет реализовать одну из основных целей компьютерного тренажера, а именно формирует эталонное управляющее воздействие, с помощью которого можно обеспечить аппарат подсказок в режиме обучения либо критерий сравнения при оценивании результата.

В дальнейшем планируется проверить адекватность предложенной модели при помощи компьютерных экспериментов и реализовать схему управления в компьютерном тренажере с применением современных методов искусственного интеллекта.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Комашинский В. И., Смирнов Д. А. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. - 94 с.
2. Селіванова А. В. Неро-нечітке моделювання управління холодильною установкою для комп'ютерного тренажера /Селіванова А. В., Селіванов А. П., Мазурок Т. Л./ Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 4 (81) – Дніпропетровськ, 2012 - 208 с. – 136-141
3. Растрингин Л. А. Современные принципы управления сложными объектами./ Л. А.Растрингин. – М.: Сов. Радио, 1980 – 232 с.: ил
4. Холодильное оборудование предприятий пищевой промышленности/В. В. Осокин, А. С. Титлов, С. Ф. Горыкин, А. Б. Кудрин. – Донецк: [ДонНУЭТ]; Одесса, 2011. – 255 с.