

РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Процесс первичной переработки нефти в колонне К-102 имеет m входных величин и n выходных величин. Между входными и выходными величинами существуют внутренние динамические связи, вид которых определяется соответствующими динамическими характеристиками.

Динамическая характеристика связи между i -м входом и j -м выходом определяется передаточной функцией W_{ij} . Тогда динамическая система будет иметь $m \times n$ характеристик. Они образуют характеристическую матрицу:

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1m} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2m} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ W_{n1} & W_{n2} & \dots & W_{nm} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

описывающую все динамические свойства системы.

В данном случае передаточные функции W_{ij} определяются методами статистической динамики по данным нормальной эксплуатации объекта.

При определении динамических характеристик по записям, полученным в процессе нормальной эксплуатации исследуемого объекта методом корреляционных функций применяется метод моментов.

Моменты импульсной характеристики могут быть вычислены по корреляционным функциям.

Для этой цели использовались экспериментальные данные о параметрах процесса ректификации в колонне К-102, полученные путем непрерывных измерений его параметров в течение 12 часов с дискретностью 23 секунды. Общее количество измерений – 2000 по каждому параметру процесса.

Качество целевых продуктов разделения по их температурам выкипания, представляющих основные фракции – головной погон НК–140°C, боковой погон 140-180°C, боковой погон 180-230°C, боковой погон 230-360°C, нижний (кубовый) продукт – мазут, по температурам их кипения в настоящее время в автоматическом режиме не контролируются. Поэтому в качестве косвенных параметров в некоторой мере, отражающих качество данных фракций, можно принять следующие параметры: температуру верха колонны (y_1) (для головного погона) и температуры тарелок, с которых боковые погоны выво-

дятся каждый в свою отпарную колонну (стриппинг-секцию), а именно, температура на 29 тарелке (y_2) – соответствует качеству фракции 140-180°C, температура на 17 тарелке (y_3) – качеству фракции 180-230°C, температура на 6 тарелке (y_4) – качеству фракции 230-360°C, температура низа колонны (y_5) – качеству мазута. Данные параметры для колонны К-102 являются выходными регулируемыми величинами.

К основным управляющим параметрам колонны можно отнести расход острого орошения (u_1), расход верхнего циркуляционного орошения (u_2), расход 1 циркуляционного орошения (1ЦО) (u_3), расход второго циркуляционного орошения (2ЦО) (u_4), расход водяного пара в колонну (u_5).

Отбензиненная нефть подается из колонны К101, нагретая в П-100, 101 до определенной температуры, подается в исследуемую колонну по двум трансферным линиям. Поэтому расход нефти (x_3) и ее температура (x_2) являются вероятностными величинами и их можно отнести к основным возмущающим воздействиям. Также к данной группе параметров можно отнести уровень среды в колонне К-102 (x_1).

Динамические характеристики по каналам управления ректификационной колонны можно представить в виде передаточных функций первого порядка с запаздыванием следующего вида:

$$W_{ij}(p) = \frac{y_{ij}(p)}{x_{ij}(p)} = \frac{k_{ij}e^{-\tau_{ij}p}}{T_{ij}p+1} \quad (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}), \quad (2)$$

где $y_{ij}(p)$ – преобразованное по Лапласу значение выходной (регулируемой) величины канала управления; $x_{ij}(p)$ – преобразованное по Лапласу значение входной (регулирующей, возмущающей) величины; k_{ij} , τ_{ij} , T_{ij} – соответственно коэффициент передачи, время запаздывания и постоянная времени канала управления по i -ой входной и j -ой выходной переменным.

Согласно применяемому методу моментов зависимость (2) для любого канала может быть представлена в следующем виде:

$$W(p) = \frac{k}{Tp+1} = H_0 - pH_1, \quad (3)$$

где H_0 , H_1 – соответственно нулевой и первый моменты импульсной характеристики.

При этом момент H_0 соответствует коэффициенту передачи для данного канала управления, т.е.

$$k = H_0 \quad (4)$$

Из соотношения (3) определим выражение для постоянной времени T .

$$k = (H_0 - pH_1)(Tp+1) \quad (5)$$

$$k = H_0 T p + H_0 - H_1 T p^2 - p H_1 \quad (6)$$

Так как для передаточной функции первого порядка $H_1 T p^2 = 0$ и $k = H_0$, то из уравнения (6) можно получить

$$T = \frac{H_1}{H_0} \quad (7)$$

Значения H_0 , H_1 для каждого канала управления определяются по следующим формулам

$$H_0 = \frac{B_0}{A_0} \quad (8)$$

$$H_1 = \frac{B_1}{A_0}, \quad (9)$$

где A_0 – момент нулевого порядка корреляционной функции; B_0 , B_1 – соответственно моменты нулевого и первого порядка взаимокорреляционной функции.

По формулам (8), (9) и (7) были рассчитаны параметры k_{ij} , T_{ij} передаточной функции (3) для всех каналов управления. Таким образом, характеристическая матрица (1) для данного объекта управления имеет вид, приведенный ниже.

По матрице можно определить передаточную функцию по любому каналу управления (u_i , $x_i - y_j$) на пересечении соответствующего i -й строки и j -го столбца матрицы.

$$W_{ij}(p) = \begin{pmatrix} \begin{matrix} y_1 & y_2 & y_3 & y_4 & y_5 \\ \frac{-0.36676}{1.15p+1} & \frac{3.2351}{0.32p+1} & \frac{-2.1917}{1.47p+1} & \frac{-0.49141}{2.23p+1} & \frac{-2.2527}{1.37p+1} \\ \frac{0.011556}{0.69p+1} & \frac{-0.18761}{1.88p+1} & \frac{0.016438}{0.68p+1} & \frac{-0.00045435}{2.04p+1} & \frac{0.026436}{3.24p+1} \\ \frac{0.0019557}{1.86p+1} & \frac{-0.24339}{1.03p+1} & \frac{-0.027777}{1.9p+1} & \frac{-0.030462}{1.64p+1} & \frac{-0.01529}{2.01p+1} \\ \frac{0.010395}{3.74p+1} & \frac{1.9917}{0.67p+1} & \frac{0.10417}{2.31p+1} & \frac{0.16239}{1.05p+1} & \frac{0.10291}{0.8p+1} \\ \frac{-0.1793}{2.46p+1} & \frac{-27.858}{0.54p+1} & \frac{-1.3252}{1.08p+1} & \frac{-2.5496}{0.27p+1} & \frac{-1.7112}{2.24p+1} \\ \frac{0.012014}{2.65p+1} & \frac{-0.68163}{1.19p+1} & \frac{-0.13121}{0.74p+1} & \frac{-0.1104}{1.14p+1} & \frac{-0.082605}{2.55p+1} \\ \frac{0.020679}{1.1p+1} & \frac{9.0532}{0.78p+1} & \frac{1.8705}{2.99p+1} & \frac{1.6276}{1.54p+1} & \frac{1.6168}{2.32p+1} \\ \frac{-0.0088143}{5.29p+1} & \frac{-2.8502}{1.15p+1} & \frac{-0.16893}{1.76p+1} & \frac{-0.24814}{1.82p+1} & \frac{-0.18611}{3.05p+1} \end{matrix} & \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{matrix} \end{pmatrix}.$$

Для определения степени связности данной многосвязной системы применена матрица Бристоля. Исходная матрица передаточных коэффициентов $G(0)$ для исследуемой системы имеет вид:

$$G(0) = \begin{bmatrix} -0.36676 & 3.2351 & -2.1917 & -0.49141 & -2.2527 \\ 0.011556 & -0.18761 & 0.016438 & -0.00045435 & 0.026436 \\ 0.0019557 & -0.24339 & -0.027777 & -0.030462 & -0.01529 \\ 0.010395 & 1.9917 & 0.10417 & 0.16239 & 0.10291 \\ -0.1793 & -27.858 & -1.3252 & -2.5496 & -1.7112 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Для вычисления матрицы Бристоля матрицу $G(0)$ необходимо привести к нормированному виду, чтобы для всех ее элементов выполнялось условие

$$-1 \leq \lambda_{ij} \leq +1$$

При этом значение -1 или $+1$ должно соответствовать наибольшему коэффициенту передачи по каналам управления для величины y_i .

Матрица нормированных передаточных коэффициентов имеет вид:

$$G(0)_H = \begin{bmatrix} -1 & 0.11613 & -1 & -0.19274 & -1 \\ 0.03151 & -0.0067347 & 0.0075003 & -0.0001782 & 0.011735 \\ 0.0053325 & -0.0087368 & -0.012674 & -0.011948 & -0.0067873 \\ 0.028342 & 0.071494 & 0.047528 & 0.06369 & 0.045685 \\ -0.48887 & -1 & -0.60464 & -1 & -0.7596 \end{bmatrix}.$$

Проведено вычисление матрицы Бристоля, которая имеет вид:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} 1 & 0.0036592 & -0.0053325 & -0.0054625 & 0.48887 \\ 0.0036592 & 4.5356e-005 & -6.5529e-005 & -1.274e-005 & -0.011735 \\ -0.0053325 & -6.5529e-005 & 0.00016062 & -0.00056785 & 0.0041039 \\ -0.0054625 & -1.274e-005 & -0.00056785 & 0.0040565 & -0.045685 \\ 0.48887 & -0.011735 & 0.0041039 & -0.045685 & 0.57699 \end{bmatrix}.$$

Анализ матриц $G(0)_H$ и Λ показывает, что довольно затруднительно выделить контуры регулирования (т.е. пары $u_i - y_j$), так как имеются очень сильные взаимосвязи между переменными. Поэтому для эффективного управления такими объектами необходимо применение систем многосвязного регулирования.

Решение всех вышеприведенных задач по определению статических и динамических характеристик объекта проводилось с использованием специализированного пакета программ Matlab и его приложений.