

качество продуктов и соблюдение прав потребителей. Существующие нормативы не позволяли мясокомбинатам каким-либо образом изменять состав или сортность продукции. Именно поэтому в 90-ые годы, когда производителям разрешили отклоняться от ГОСТа, руководствуясь Техническими условиями — ТУ, и количество колбасных изделий в наших магазинах резко увеличилось.

В наши дни ГОСТ на изготовление полукопченых колбас существует и сегодня, однако, большинство мясокомбинатов производит продукцию по ТУ. Все дело в том, что действующие ГОСТы регламентируют производство ограниченного вида продукции, строго ограничивая в них состав исходного сырья, количество белков, жиров и специй. По

ГОСТу выпускаются традиционные виды продукции, которые мы помним с «советских» времен.

Вывод. Главным критерием мясоперерабатывающей отрасли служит повышение качества, сделать как можно разнообразным ассортимент колбас в нашем регионе. Практиковать технологию приготовления полукопченых колбасных изделий из сырья диких животных. Делать высокими пищевые ценности продуктов и совершенствовать товарные показатели. Все перечисленные критерии подталкивают нас рационально использовать мясное сырье, которое мы получаем на пунктах приема реализуемого сырья, при убое животных, переработки мяса.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛОНН РЕКТИФИКАЦИИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

Мухитдинов Джалолитдин Фахритдинович

*Доктор тех.наук, профессор кафедры Автоматизация производственных процессов ТГТУ,
г. Ташкент*

Кадиров Ёркин Баходирович

*Кандидат тех.наук, доцент кафедры Автоматизация и управления НГГИ
г. Навои*

Ахматов Абдумалик Абдувахоб угли

ассистент кафедры Автоматизация и управления НГГИ г. Навои

Муродов Хасан Шухратович

Ассистент кафедры Электроэнергетика НГГИ г.Навои

АННОТАЦИЯ.

В работе разработана компьютерная модель для промышленной ректификационной колонны с учетом входной неопределенности, модельной неопределенности, которая должна учитывать нелинейность и высокочастотную динамику процесса, и выходной неопределенности, т.е. погрешности измерения величин выходных параметров. Разработанная модель охватывает весь рабочий диапазон ректификационной колонны. Она может быть использована в качестве основы для анализа и синтеза систем управления процессом ректификации.

ABSTRACT.

In this article has been presented development of computer model for an industrial distillation column, taking into account input uncertainty, model uncertainty, which should take into account nonlinearity and high-frequency dynamics of the process, and output uncertainty, i.e. errors of measurement of output parameters. The developed model covers the entire operating range of the distillation column. It can be used as a basis for the analysis and synthesis of process control systems for distillation.

Ключевые слова: математическая модель, процесс ректификации, ректификационная колонна, параметр неопределенности, полная модель.

Keywords: mathematical model, rectification process, rectification column, uncertainty parameter, complete model.

Математическая модель, отражающая динамический режим процесса ректификации, будь она линейная или нелинейная, может лишь приближенно отражать поведение реальной ректификационной колонны из-за ограничений, связанных с неопределённостями (неполнота или недостоверность информации об условиях реализации решения, наличия фактора случайности или противодействия) и нелинейностью процесса.

К типичным источникам неопределенности для ректификационной колонны можно отнести неизвестность структуры и параметров моделей фазового равновесия в производственных условиях; воздействие неизмеряемых возмущений по составу сырья; изменение во времени запаздывания и гидродинамических режимов объекта; нелинейность

характера взаимодействия между контурами регулирования температурных профилей в аппаратах колонного типа, погрешности измерений, неучитывание в модели процесса высокочастотной динамики и нелинейность процесса [1-3]. Все эти источники неопределенности проявляются одновременно и могут быть классифицированы как входная неопределенность, модельная неопределенность, которая должна учитывать нелинейность и высокочастотную динамику процесса, и выходная неопределенность, т.е. погрешности измерения величин выходных параметров.

Фактические значения величины орошения ректификационной колонны и нагрузки кипятильника по пару никогда точно не соответствуют значениям, которые требует система управления. В

статике в расчетах потоков орошения и поднимающегося по ректификационной колонне пара в качестве первого приближения принимается результат расчета процесса ректификации с учетом взаимовлияния компонентов при постоянных величинах потоков пара и жидкости по высоте колонны. Уточнение значений расходов парового G_j и жидкостного L_j потоков на (k) -ой итерации производится по уравнениям теплового баланса. При этом используются энтальпии, рассчитанные по составам и температурам на $(k - 1)$ -ой итерации.

Основными причинами возникновения погрешностей между заданными и истинными значениями потоков пара и орошения являются:

статические и динамические погрешности измерения показателей дефлегматора и кипятильника; изменение теплоты парообразования, обусловленные нестабильностью давления и температуры в них; инерционность кипятильника, запаздывание и высокочастотные колебания приводов исполнительных механизмов

Границы для неопределенностей входных векторов U могут быть смоделированы с помощью мультипликативного описания неопределенности с частотно-зависимой границей ошибки W_{ui} для i -ого элемента вектора U связанной с Vu_L для дефлегматора L и Vu_L для кипятильника V [4]. Эти границы могут быть скомбинированы в диагональную матрицу V_u . При этом выполняется следующее равенство:

$$\tilde{u}(j\omega) = \{I + \Delta_u(j\omega)W_u(j\omega)\}u(j\omega) \quad (1)$$

с ограниченной на норме матрицей (2)

$$\|\Delta_u(j\omega)\|_\infty \leq 1 \quad (5.2)$$

$$W_u(j\omega) = \begin{bmatrix} w_{uL} & 0 \\ 0 & e_{uV}(j\omega) \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

(3)

Модель неопределенности представлена на рисунке 1.

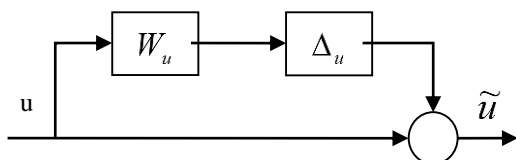


Рис. 1: Мультипликативная неопределенность, описывающая входной вектор U

Качество работы любой системы управления, в конечном счете, определяется величиной ошибки, равной разности между требуемым и действительным значениями управляемой величины.

В диапазоне низких частот ошибки входных управляемых переменных сильно зависят от точности измерений технологических параметров. Поэтому установившуюся ошибку, совместно с высокочастотной ошибкой предлагается описывать передаточной функцией первого порядка:

$$G(s) = K \frac{1 + s / \omega_N}{1 + s / \omega_D} \text{ или } \omega_N < \omega_D \quad (4)$$

где коэффициент усиления K - представляет установившуюся ошибку. Критические частоты обычно выбираются согласно $\omega_D > 10\omega_N$.

Математическое описание динамики ректификационной колонны включает управляемые переменные (флегма L , пар V) и несколько источников возмущений, из которых наиболее важными являются: изменения состава входного потока x_f и расхода входного потока F . Нестабильность расхода входного потока и его состава приводит к нелинейному поведению ректификационных колонн. При рассмотрении упрощенной модели динамики состава жидкости на тарелке без учета потока питания

$$\frac{dx_j}{dt} = \frac{1}{n_j} [L_{j-1}(x_{j-1} - x_j) + V_{j+1}(y_{j+1} - x_j) - V_j(y_j - x_j)] \quad (5)$$

видно, что нелинейное поведение состава зависит от фактических скоростей потоков орошения (L) и пара (V) (из-за высокой чувствительности ректификационных колонн к изменениям скорости указанных потоков, даже при незначительных изменениях величин входного потока, отклик может выходить за рамки линейной области) и фактического профиля концентраций компонентов по высоте ректификационной колонны.

При ограничении рабочего диапазона ректификационной колонны максимальными и минимальными значениями расхода входного потока и состава, наблюдаются максимальные скорости внутренних потоков для минимальных значений состава смеси и наоборот. Профили концентрации компонентов для этих двух предельных состояний ограничивают область устойчивого состояния системы управления. Отсюда можно сделать вывод, что при низкочастотном режиме ректификационная колонна обеспечивает высокую чистоту ректификации бинарной смеси при максимальной и минимальной нагрузке. В качестве основы для дальнейшего обсуждения предлагаются следующие три режима работы бинарной ректификации:

Модель 1 колонны при номинальной нагрузке

Модель 2 колонны при максимальной величине питания и минимальной концентрации компонентов питания (увеличение нагрузки)

Модель 3 колонны при минимальной величине питания и максимальной концентрации компонентов питания (снижение нагрузки)

Данные по различным режимам приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Исследуемая модель	Величина потока питания моль/мин	концентрации компонентов питания моль/моль
модель 1 (М-1)	30	0,8
модель 2 (М-2)	50	0,7
модель 3 (М-3)	20	0,9

Одной из причин представления нелинейности колонны, связанной с изменением режимов, является мультипликативная неопределенность продукции. Тогда предположение о независимости неопределенности для каждой продукции от фактического значения других двух можно отобразить в следующем виде (рис. 2 и уравнения (6)):

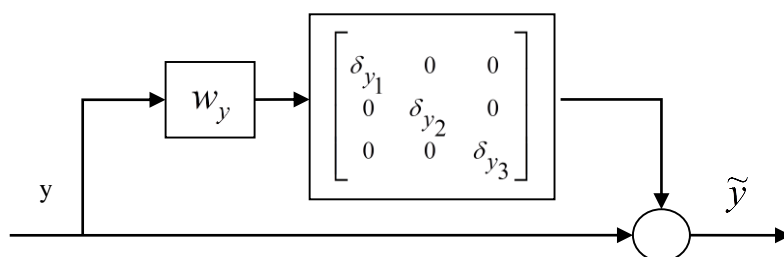


Рисунок 2. Мультипликативная неопределенность на выходе

$$\tilde{y}(j\omega) = \left\{ I + \begin{bmatrix} \delta_{y_1}(j\omega) & 0 & 0 \\ 0 & \delta_{y_2}(j\omega) & 0 \\ 0 & 0 & \delta_{y_3}(j\omega) \end{bmatrix} W_y(j\omega) \right\} y(j\omega) \quad (6)$$

или

$$\|\delta_{y_i}\|_{\infty} \leq 1$$

и

$$y(j\omega) = G_N(j\omega) \begin{bmatrix} d(j\omega) \\ u(j\omega) \end{bmatrix}$$

В работе [5]. отмечается, что представление нелинейности ректификационной колонны в виде простого мультипликативного предела неопределенности на выходе не совсем оправдано.

Расчеты показывают, что мультипликативная неопределенность на выходе превышает 80% (для $G_{u \rightarrow y}$) в диапазоне низких частот. Это значительно меньше, чем в диапазоне средних частот, но резко возрастает на частотах выше 0,1 рад/мин, где динамика потока влияет на поведение колонны. Описание неопределенности с такой высокой мультипликативной неопределенностью в области низких частот является очень высокой для любой структуры системы управления.

Вместе с тем, необходимо отметить, что ошибки сильно коррелируют: изменение стационарных рабочих точек вызывает одновременное увеличение или уменьшение сингулярных значений передаточных функций из управляющих сигналов U (L и V) к модели выходов. Таким образом, мы можем предположить, что динамическое поведение ректификационной колонны должна находиться "где-то между М-2 и М-3.", что может быть представлено в виде линейной комбинации двух моделей $G_2(j\omega)$ и $G_3(j\omega)$ (7), (рисунок 3)

$$G(j\omega) = \frac{G_2(j\omega) + G_3(j\omega)}{2} + \delta_G(j\omega) \frac{G_2(j\omega) - G_3(j\omega)}{2} \quad (7)$$

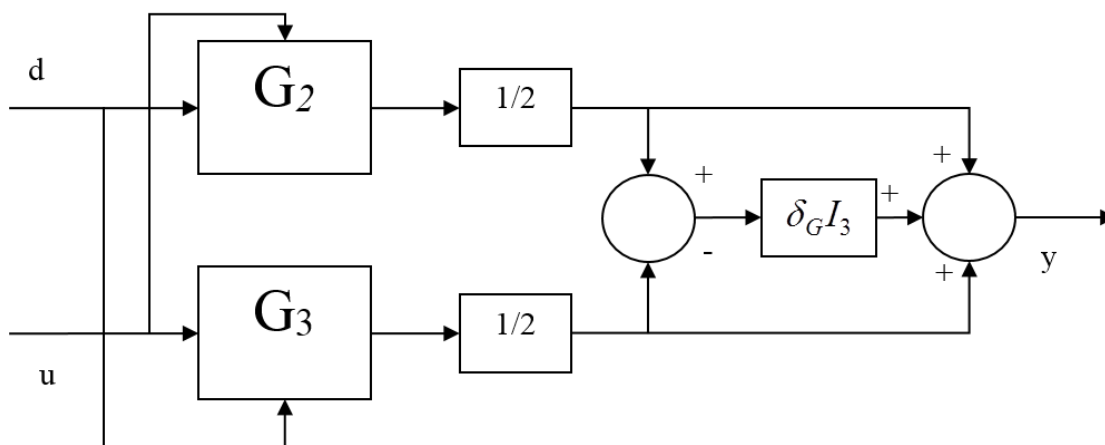


Рис.3. Модель неопределенности из-за нелинейности в диапазоне низких частот

При этом параметр неопределенности δ_G может быть сложным. В таком случае уместно предположение о возможном сдвиге фаз для всех моделей в промежутке между G_3 и G_2 . Это означает, что рассчитанные значения всех моделей в определенном наборе годографа Найквиста для определенной частоты могут не лежать на одной линии.

На основании приведенного материала составлена полная модель неопределенности (рис.4), состоящая из входной неопределенности (1) и неопределенности модели (6,7), имеющая то преимущество, что она охватывает весь рабочий диапазон ректификационной колонны.

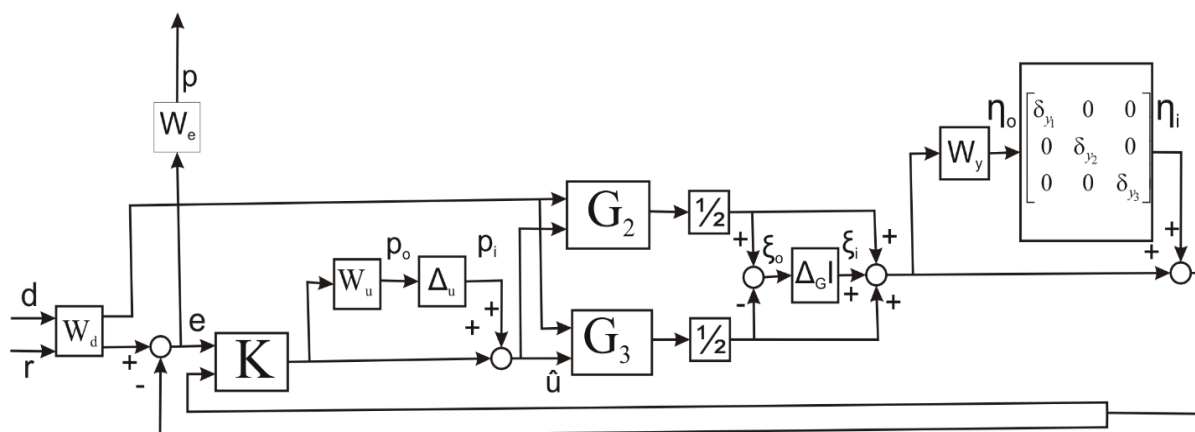


Рис. 4. Полная модель неопределенности

Список литературы:

1. Абдуназарова Д.Ю., Кадилов Ё.Б., Мухитдинов Д.П. Линеаризация классической модели динамических режимов ректификации // Научно-практический рецензируемый журнал «Современные материалы, техника и технологии». –Курск, 2017. -№5 (13). С.4-10
2. Кадилов Ё.Б., Мухитдинов Д.П. Вычисление скоростей потока жидкости и перепада давления // научно-практический рецензируемый журнал «Современные материалы, техника и технологии». –Курск, 2016 №5(8) -стр. 84-92
3. Мухитдинов Д.П., Авазов Ю.Ш. Динамические модели ректификационных колонн //

научно-практический журнал «Современные материалы, техника и технология» № 5(8), 2016, стр. 136-141.

4. McDonald, K. A.: "Characterization of Distillation Nonlinearity for Control System Design and Analysis, "The Shell Process Control Workshop, ed.D.M.Prett and M.Morari, Butterworth, Boston, 279-290 (1987)

5. техн. наук. –Владивосток: ВладГУЭС, 2000. -144с.

6. Торгашов А.Ю. Управление оптимальными статическими режимами ректификационных колонн на основе нелинейных моделей процесса: дисс... канд.