

## МЕТОД НАСТРОЙКИ БАЗЫ ТЕРМОВ И БАЗЫ ПРАВИЛ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА МАМДАНИ (НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ДОЖИГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГАЗОВ ПЕЧИ ВАНЮКОВА)

Латыпов Р.М.,  
научный руководитель Морозов А.И.  
*Норильский индустриальный институт*

Цель работы: разработка формального алгоритма настройки нечеткого вывода Мамдани для создания объективных математических моделей на базе обработки статистических данных.

Процедура нечеткого вывода включает в себя пять этапов, которые требуют наличия базы термов и базы правил в качестве источника информации об объекте моделирования.

Однако сам нечеткий вывод Мамдани не определяет способа настройки базы термов и базы правил, а существующие алгоритмы, так или иначе, сводятся к использованию опыта конечного числа людей («экспертов»). Поэтому в данной работе рассматривается подход, основанный на работе со статистическими данными.

В качестве примера для проверки предложенного метода был выбран процесс дожига отходящих газов печи Ванюкова. Этот процесс происходит в печи дожига (рис. 1.) и призван уменьшить техногенное влияние на окружающую среду.

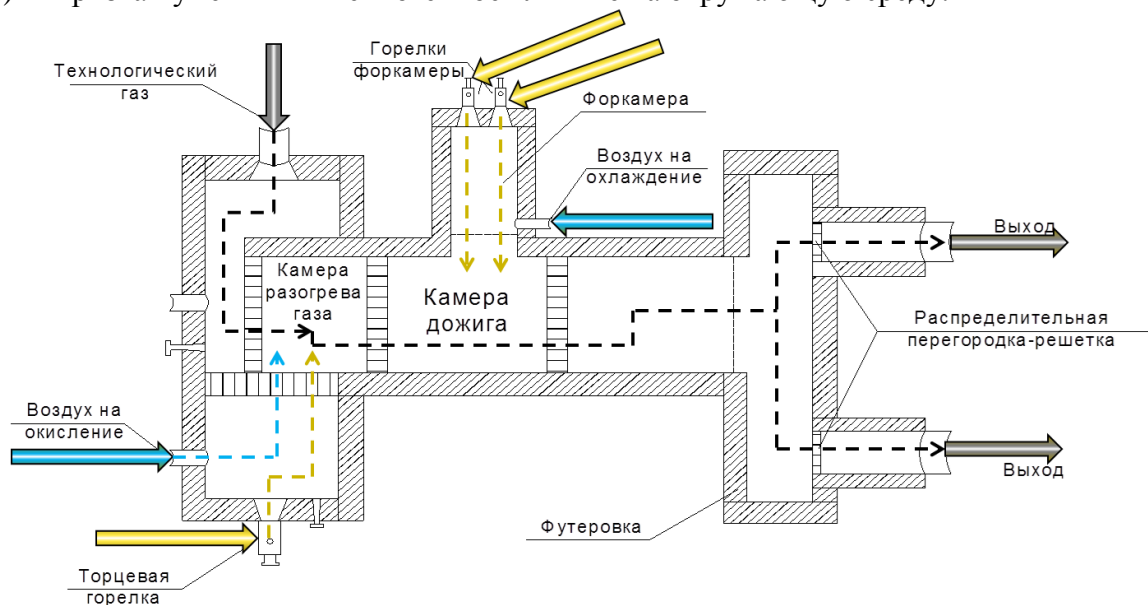


Рис. 1. Функциональная схема процесса дожига технологических газов

Технологический газ на входе подогревается и смешивается с воздухом, затем в камере дожига происходит высокотемпературное окисление. Контроль процесса ведется по температуре в реакционной зоне, на значение которой влияют: расход технологического газа, расход природного газа на горелки и объем окислителя (воздуха). Примем температуру в качестве управляемой переменной модели, а остальные факторы в качестве управляющих переменных.

Выбор управляющих переменных подтверждает корреляционный анализ результаты которого представлены на рис. 2.

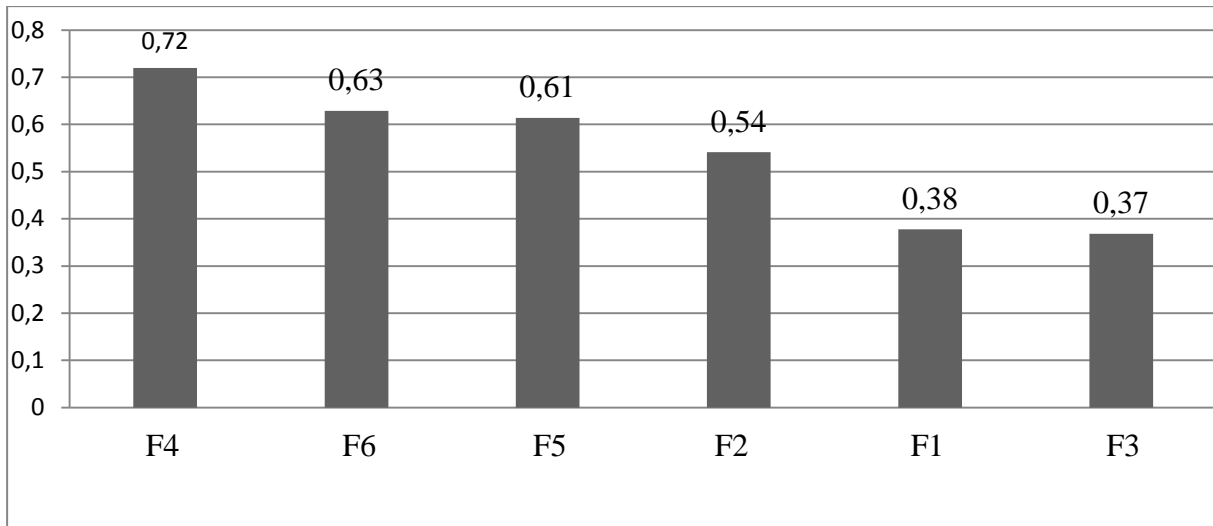


Рис. 2. Результаты корреляционного анализа, где F1 - расход воздуха на охлаждение, F2 - расход воздуха на окисление, F3 - расход газа технологического, F4 - расход газа прир. на горелку 0, F5 - расход газа прир. на горелку 1, F6 - расход газа прир. на горелку 2

Величина значений коэффициентов корреляции говорит о значительной нелинейной зависимости между входными и выходным параметром модели.

Определения статических режимов работы объекта моделирования предлагается осуществлять по статистическим данным выходной переменной, в нашем случае по температуре в реакционной зоне печи дожига. Для этого данные необходимо разбить на промежутки в которые не происходит изменения режима работы объекта моделирования. В алгоритме предусмотрено 3 варианта таких промежутков: Сутки, смена, час.

После разбиения необходимо построить спектрограммы каждого интервала времени. В нашем случае достаточным оказалось разбиение на суточные интервалы одного месяца значений. При этом >90% полученных спектрограмм имеют один пик, который говорит о режиме работы печи дожига в указанный период. Далее были исключены спектрограммы, имеющие более одного пика и объединить повторяющиеся спектрограммы, результаты приведены на рис. 3.

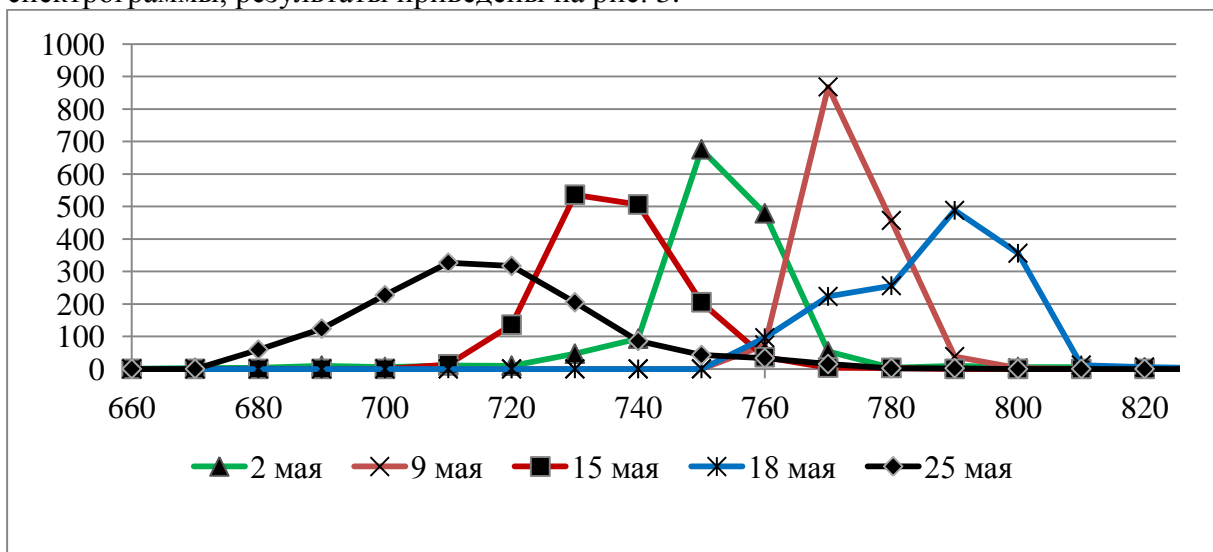


Рис. 3. Спектрограммы выделенных режимов работы

В результате перечисленных операций выделено 5 режимов работы, которые определяют работу модели в диапазоне от 700 до 800 оС. Каждый режим определяет собой правило и его весовой коэффициент в базе правил. Для определения термов выходной лингвистической переменной «температура в реакционной зоне ПД» используются полученные на предыдущем шаге спектрограммы основных режимов работы. При аппроксимации которых используется двухсторонняя функция принадлежности Гаусса. Результат аппроксимации на рис. 4.

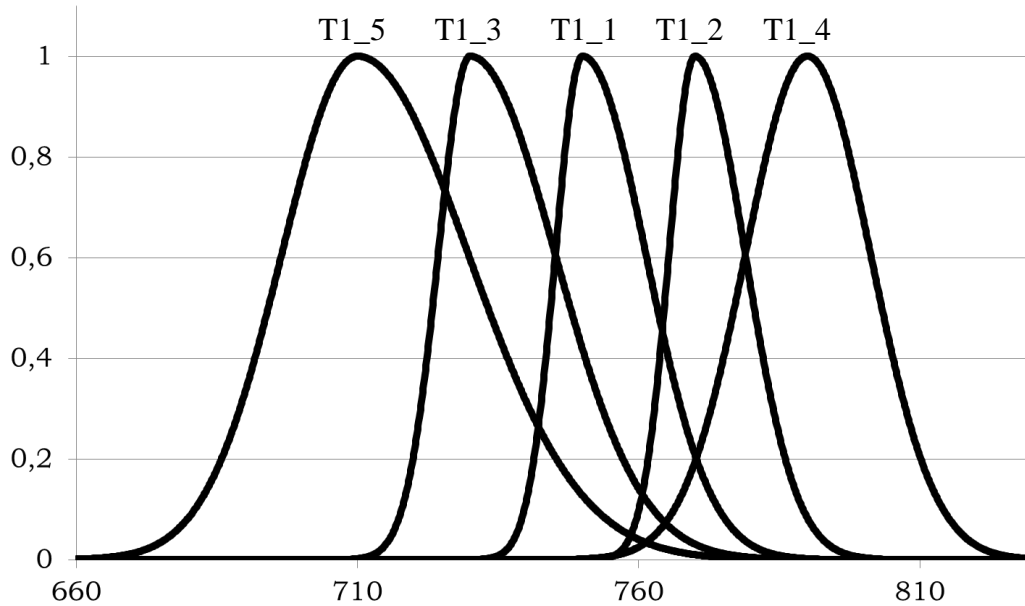


Рис. 4. База термов выходной лингвистической переменной

Для определения термов входных лингвистических переменных необходимо построить спектрограммы входных параметров, соответствующие выделенным режимам работы и также аппроксимировать их. Результат аппроксимации на рис. 5.

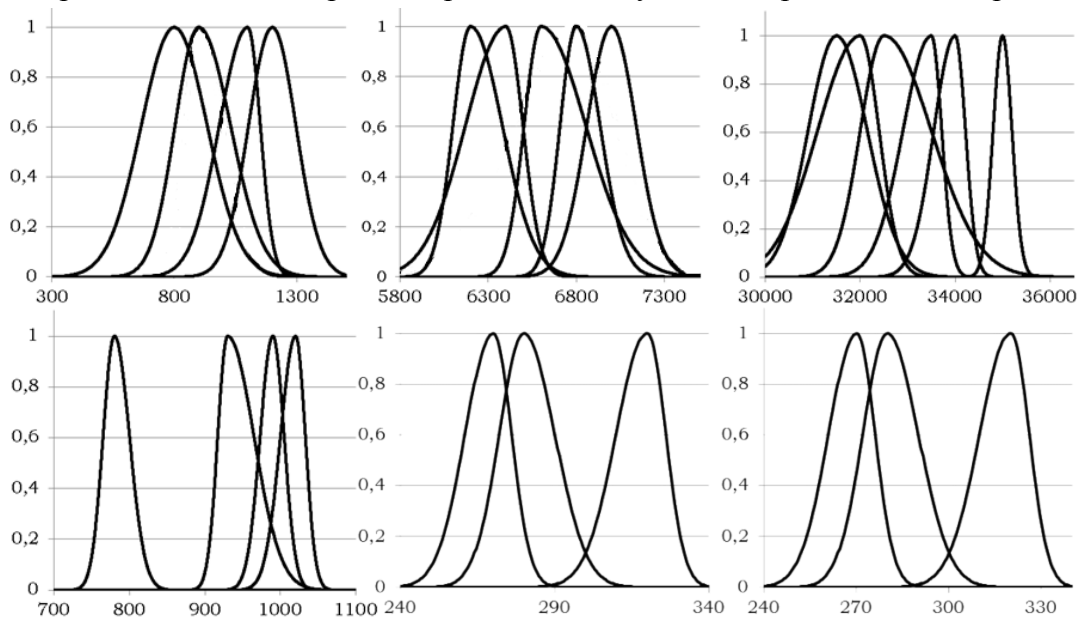


Рис. 5. База термов входных лингвистических переменных

Следующим шагом является заполнение базы правил. Количество правил и их весовые коэффициенты определяются по спектрограмме выходного параметра (рис.3.). Состав правил определяется из совокупности спектрограмм входных и выходных параметров. Другими словами каждому терму выходной лингвистической переменной ставится в соответствие один терм каждой из входных лингвистических переменных за те же интервалы времени. Правила заносятся в базу в форме:

#: **Если** (F1 есть F1\_1) **И** (F2 есть F2\_1) **И** (F3 есть F3\_1a **ИЛИ** F3\_1b) **И** (F4 есть F4\_1) **И** (F5 есть F5\_1) **И** (F6 есть F6\_1) **ТО** T1 **ЕСТЬ** T1\_1.

Для проверки предложенного метода был использован инструмент FuzzyLogic из пакета Matlab. На рис. 6. представлены результаты моделирования.

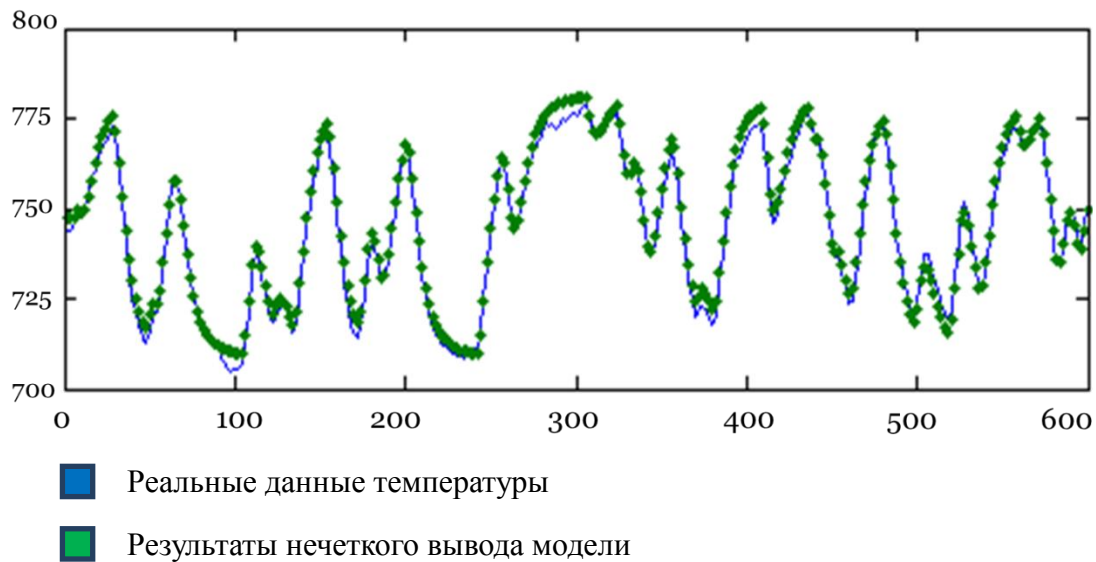


Рис. 6. Результаты моделирования

Максимальная относительная ошибка составила 0.64%, что меньше погрешности измерения прибора, используемого для измерения температуры, 1%, следовательно, данной погрешностью можно пренебречь, а значит можно считать предложенный метод настройки состоятельным.

Полученную в ходе работы модель можно назвать адекватной для определенного диапазона входных значений, но нельзя считать полной, на что явно указывают «пробелы» в базе термов входных переменных. Это связано с недостаточно большим объемом выборки статистических данных, то есть в указанный период какие-либо режимы работы не эксплуатировались. Но если обучающая выборка будет достаточно репрезентативна, то устранил огрехи полученной модели.

При построении математической модели процесса дожига многие операции были выполнены вручную. Однако вполне возможно автоматизировать их и таким образом получить приложение, на вход которому подаются статистические данные и минимум необходимой информации о процессе, а на выходе готовые базы правил и термов. Такой подход позволит в сжатые сроки производить перенастройку модели, при каких-либо изменениях в технологическом процессе.