**Слайд 3. (Схема управления по прогнозирующей модели 1)**

В результате постоянно меняющейся экономики процесса (например, переменное сырье, изменение цен на энергоносители и т. д.), цели и стратегии технологических процессов необходимо часто обновлять, чтобы учитывать эти изменения. В силу вышесказанного при управлении химическими процессами принято разделять экономические цели и процесс управления на 2 этапа.

На первом этапе, который называется оптимизация в реальном времени выбирается экономическая целевая функция и формулируется задача оптимизации при ограничениях, задающихся существенными условиями (ценами на рынке, объемами запасов и так далее). Результатом этапа оптимизации в реальном времени является положение равновесия системы (steady-state).

На втором этапе применяются методы теории управления, в частности, в последние годы большую популярность преобретают методы управления по прогнозирующей модели (MPC), для стабилизации и слежения за полученными равновесиями траектории. MPC использует динамическую модель процесса в задаче оптимизации, чтобы предсказать будущее развитие процесса в течение конечного периода времени, чтобы определить оптимальную входную траекторию относительно заданного индекса производительности. Кроме того, MPC может учитывать ограничения процесса и взаимодействия с несколькими переменными в задаче оптимизации. Таким образом, он обладает способностью оптимально управлять ограниченными нелинейными системами с несколькими входами и несколькими выходами. Традиционные формулировки MPC используют квадратичную целевую функцию, которая по существу является мерой прогнозируемого отклонения ошибки состояний и входных данных от их соответствующих стационарных значений, чтобы принудительно довести процесс до (экономически) оптимального состояния.

**Слайд 4. (Схема управления по прогнозирующей модели 2)**

Приведенная схема реализуется в системе управления с обратной связью.

Можно выделить некоторые особенности схемы управления по прогнозирующей модели:

* Можно использовать нелинейные системы обыкновенных дифференциальных уравнений в качестве прогнозирующей модели.
* Управление по прогнозирующей модели позволяет учитывать ограничения, которые наложены на управляющие переменные, и на вектора состояния.
* Подход предусматривает минимизацию функционала, который характеризует качество управления, в режиме реального времени.
* Предсказанное поведение динамического объекта, отличается от его реального движения.
* Управлению по прогнозирующей модели необходимо, чтобы текущее состояние объекта измерялось или оценивалось.

**Слайд 5. (Задача оптимизации неоклассической модели экономического роста 1)**

Теперь рассмотрим один из примеров описанных в работе, а именно, задачу оптимизации неоклассической модели экономического роста.

Неоклассическая модель оптимального экономического роста описывает замкнутую агрегированную экономику. В замкнутой экономике произведенный продукт либо инвестируется в основные производственные фонды (капитал), либо потребляется.

В данной модели амортизации капитала не предполагается.

Неоклассическая модель оптимального экономического роста (c логарифмической функцией мгновенной полезности) формулируется в виде следующей задачи оптимального управления.

Где – описывает величину мгновенного потребления на единицу трудовых ресурсов. – величина капитала, приходящегося на единицу рабочей силы.   – отражает динамику изменения капитала на единицу рабочей силы.

**Слайд 6. (Задача оптимизации неоклассической модели экономического роста 2)**

На данном слайде составлена прогнозирующая задача оптимального управления для управления по прогнозирующей модели. Как говорилось ранее, в схеме управления по прогнозирующей модели: критерий качества использует квадратичную целевую функцию, которая по существу является мерой прогнозируемого отклонения ошибки состояний и входных данных от их соответствующих стационарных значений, чтобы принудительно довести процесс до (экономически) оптимального состояния.

Уравнение (6) обеспечивает, что траектория предсказанного состояния сходится к допустимому промежуточному состоянию. Остальные ограничения и обозначения аналогичны задаче (1) – (3).

Так как применяемый метод MPC разработан для моделей с дискретным временем, то для решения задачи (4)-(7) необходимо произвести дискретизацию. В данном случае использовался метод Рунге-Кутты 4-го порядка.

Далее будут представлены рисунки построенные с помощью схемы MPC реализации обратной связи (оптимальное управление) и соответствующие траектории при различных значениях параметров.

**Слайд 7. (Решение: изменение начального состояния)**

По графикам можно сделать вывод:

* фирма инвестирует в основные производственные фонды, таким образом величина капитала на единицу рабочей силы уменьшается. Это происходит до тех пор, пока качество потребления и инвестиций не примут наибольшее значение.
* объем производства потребляется до тех пор, пока траектории не выйдут на магитраль. В этом случае объем производства соответствует потреблению.

**Слайд 8. (Решение: изменение длины горизонта)**

Чем больше длина горизонта, тем быстрее траектории выходят на магистраль, то есть сложнее анализировать развитие экономики.

**Слайд 9. (Решение: изменение весового коэффициента)**

Заметим, что решение, изображенное на рис. где сильнее штрафует отклонения состояния от магистрали, чем отклонения управления от магистрального значения. Это решение хорошо приближает оптимальное решение исходной задачи с бесконечным горизонтом.

В магистерской диссертации, аналогичным образом, построены и проанализированы магистрали для задачи, которая решалась в дипломной работе, а именно, модель открытой экономики, которая имеет возможность использовать внешний кредит.