

Динамическое моделирование и управление кадровым обеспечением регионального производства

П. А. Голованов, М. Ю. Лившиц, Е. П. Тупоносова
Самарский государственный технический университет
alenushka1982@inbox.ru

Аннотация. Решается задача построения динамических моделей в форме дифференциальных уравнений или передаточных функций, связывающих индикаторы эффективности областной нефтяной отрасли с показателями работы регионального вуза. Проводится структурно – параметрическая идентификация процесса, где в качестве экспериментальных исходных данных используются статистические характеристики. На основании методики, предложенной авторским коллективом под руководством Райбмана Н.С., с использованием массивов случайных данных, строятся корреляционные и взаимнокорреляционные функции и формируются дифференциальные уравнения, описывающие исследуемый объект. Методами теории автоматического управления на основе полученных передаточных функций проводится синтез систем регулирования (система поддержки принятия управленческих решений).

Ключевые слова: кадровое обеспечение, динамическое моделирование, передаточные функции, нефтяное производство, теория автоматического управления, регулятор

I. ВВЕДЕНИЕ

Нефтяная промышленность обеспечивает значительную долю доходов бюджета страны. К основным факторам, определяющим развитие добычи и переработки нефти, можно отнести: имеющиеся и разведанные запасы углеводородов; наличие базы переработки; научно-техническое обеспечение; государственную и экономическую политику; спрос на продукцию; кадровое обеспечение и т. д.

Некоторые вопросы подготовки персонала для нефтяного кластера рассмотрены в работах [1–3], построение моделей взаимодействия университета и отрасли – в работах [4–6], а влияние управленческих решений по подготовке персонала для нефтяной отрасли – в работах [7–10]. Вопросы подготовки кадров вузами в качестве управляющего воздействия на эффективность региональной нефтяной отрасли детально не рассматривались.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Специалистов для нефтяной отрасли в Самарской области готовит региональный вуз – Самарский государственный технический университет (СамГТУ). В качестве исходных входных характеристик при построении моделей рассматриваются следующие показатели вуза: выпуск студентов СамГТУ – S , общее

число научных публикаций – P , выполнение научно-технических работ (НИР) по грантам – G и генерация объектов интеллектуальной собственности – I . В качестве выходного индикатора использовано производство нефтепродуктов в Самарской области – Y .

В работах [11, 12] рассмотрены математические модели в степенной мультипликативной форме, отражающие влияние индикаторов деятельности вуза на нефтяную отрасль:

$$Y(t) = A \cdot S(t)^\chi \cdot P(t)^\kappa \cdot G(t)^\varphi \cdot I(t)^\rho \cdot e^{\mu t}, \quad (1)$$

где A – масштабный коэффициент, Y – выходная переменная – производство нефтепродуктов, χ , κ , φ , ρ , μ – эластичность (чувствительность) выходной переменной к соответствующему входному фактору S , P , G , I соответственно.

Результаты моделирования, позволяют строить удовлетворительные прогнозы кадрового обеспечения вузом нефтяной отрасли при бескризисном развитии с горизонтом прогнозирования 4 года. Построенные математические модели имеют простую структуру, эффективны при прогнозировании влияния кадрового обеспечения на нефтяную отрасль. Однако эти модели не позволяют управлять воздействием на кадровое обеспечение предприятий в динамическом режиме.

Для регуляризации некорректной задачи динамической структурно – параметрической идентификации модели кадрового управления нефтяной отраслью ограничимся описанием объекта управления в форме неоднородного линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами:

$$\sum_{i=0}^3 a_i \frac{d^i y}{dt^i} = \sum_{\alpha=0}^2 b_\alpha \frac{d^\alpha x_j}{dt^\alpha} \quad (2)$$

для каждого j -го входа x вида (2) не выше третьего порядка.

Дифференциальному уравнению (2) отвечают передаточная функция

$$W(p) = \frac{\sum_{\alpha=0}^2 b_\alpha p^\alpha}{\sum_{i=0}^3 a_i p^i} \quad (3)$$

и импульсная переходная характеристика

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (тема № АААА-А12-2110800012-0)

$$g(\tau) = L^{-1}[W(p)], \quad (4)$$

которая в соответствии с принципом суперпозиции определяет выходную величину $y(t)$ интегралом свертки:

$$y(t) = \sum_{j=1}^4 \int_0^{\infty} g(\tau) x_j(t-\tau) d\tau, \quad t \geq 0 \quad (5)$$

Определение импульсной переходной характеристики $g(\tau)$ из интегрального уравнения (5) - также некорректная операция. Для регуляризации задачи идентификации перейдем к автокорреляционным и взаимным корреляционным функциям входных и выходных сигналов, введя допущение о стационарности и эргодичности случайных реализаций $x(t)$ и $y(t)$.

В этих допущениях корреляционные функции объекта идентификации связаны уравнением Винера-Хопфа:

$$r_{yx}(t) = \int_0^{\infty} g(\tau) r_{xx}(t-\tau) d\tau, \quad t \geq 0, \quad (6)$$

процедура решения которого относительно $g(\tau)$ также остается некорректной.

Для её регуляризации опять сузим область поиска $g(\tau)$ до компактного множества и будем отыскивать импульсную переходную характеристику на достаточно широком, но счетном множестве описаний, сведенных в таблицу для большого круга типовых объектов [13]. При этом задача становится корректной, а значит устойчивой по входным данным.

Для построения динамических моделей используем дифференциальное уравнение:

$$\sum_{i=0}^3 a_i \frac{d^i r_{k_{yx}}(t)}{dt^k} = \sum_{\alpha=0}^2 b_{\alpha} \frac{d^{\alpha} r_{\alpha_{xx}}(t)}{dt^{\alpha}} \quad (7)$$

аналогичное (2) для линейных стационарных объектов

На коэффициенты моделей (2) и (7), накладывается ограничение $a_3 > 0, a_1 > 0, a_2 > 0, a_1 a_2 > a_3$ удовлетворяющее критерию устойчивости Раунса-Гурвица, причем коэффициенты a_i и b_{α} лежат в пределах $a_{i \min} \leq a_i \leq a_{i \max}, b_{\alpha \min} \leq b_{\alpha} \leq b_{\alpha \max}$, отражающих допустимую степень затухания переходного процесса с одной стороны и отсутствие тривиального совпадения, $r_{yx}(t) = r_{xx}(t)$, свидетельствующего о безинерционности объекта управления с другой стороны.

В связи с вышеизложенным для создания динамических моделей создана методика, использующая библиотеку типовых линейных моделей [13], представленная схемой на рис. 1.

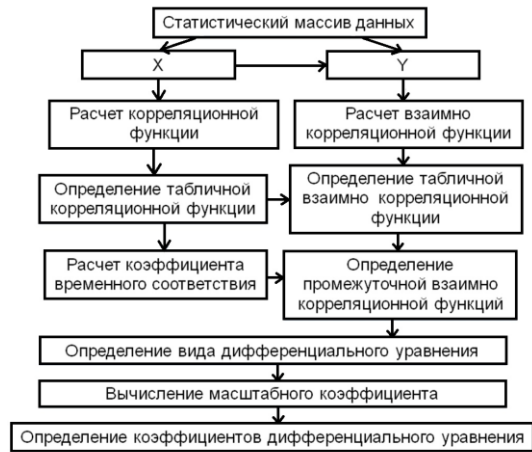


Рис. 1. Схема структурно-параметрической идентификации объекта управления

С помощью этой методики, с учетом ограничений и допущений, рассмотренных подробно в работе [14], определяются коэффициенты дифференциального уравнения (7) и находится соответствующая ему передаточная функция вида (3).

В табл. 1 представлены полученные для рассматриваемого примера передаточные функции.

ТАБЛИЦА I. ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ

№	Передаточные функции	
1	$W_{y x_1}(p) = \frac{0,008 \cdot (5000p^2 - 1000p - 1)}{20p^3 + 70p^2 + 8p + 1}$	S
2	$W_{y x_2}(p) = \frac{1,2 \cdot (72p^2 + 0,04p - 1)}{128p^3 + 3,2p^2 + 78,7p + 1}$	P
3	$W_{y_3 x_3}(p) = \frac{30,1p + 1}{6,4p^2 + 8p + 1}$	G
4	$W_{y x_4}(p) = \frac{2,43 \cdot (1250p^2 + 50p + 1)}{125p^3 + 87,5p^2 + 20p + 1}$	I

III. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Для оценки пригодности модели определим выходной сигнал линейной системы

$$y(t) = \sum_{j=1}^4 \int_{t-T}^T g(\tau) x_j(t-\tau) d\tau \text{ как реакцию на входы:}$$

$$x_1 = S, \quad x_2 = P, \quad x_3 = G, \quad x_4 = I.$$

На рис. 2 представлены результаты сравнения реакции динамической модели (3) и исходных статистических данных для объема производства нефтепродуктов Y.

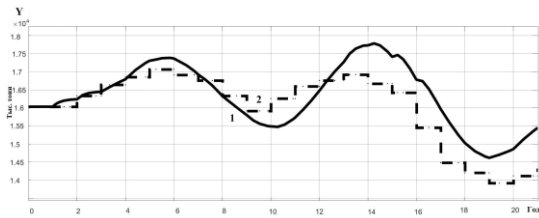


Рис. 2. Верификация динамической модели объекта управления

Сопоставление результатов динамического моделирования и исходных статистических данных работы нефтяной отрасли Самарской области демонстрирует их хорошее соответствие.

IV. РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ОТРАСЛИ В СТРУКТУРЕ АСУП

На основе полученных динамических описаний объекта (табл. 1) разработана структура кадровой подсистемы автоматизированной системы управления региональным нефтяным производством, показанная на рис. 3. В подсистеме управления производством сравнивается объем производства нефтепродуктов с заданием (желаемое состояние) и выдаются рекомендации по управлению топ-менеджменту, который управляет кадровым обеспечением направляя часть дохода нефтяного предприятия на финансирование обучения специалистов, стимулируя требуемые отдельные показатели работы вуза.

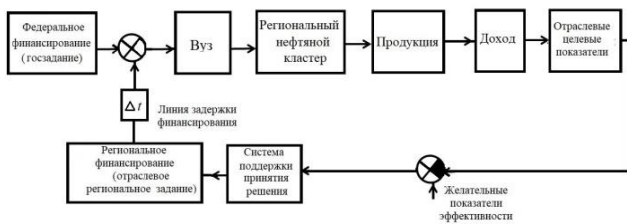


Рис. 3. Обобщенная структурная схема кадровой подсистемы управления региональным нефтяным производством

Структурами, реализующими разработанный алгоритм управления, являются соответствующие службы нефтяных компаний, работающих в Самарской области и службы региональных министерств экономического развития, инвестиций и торговли; промышленности и технологий; образования и науки.

С использованием определенных передаточных функций (табл. 1) можно сформировать различные параметры эффективности нефтяного производства. В качестве примера на рис. 4 показана траектория выхода объекта управления для настроек, обеспечивающих изменение выходной величины – производства нефтепродуктов: интенсивный рост – кривая 3; длительный рост – кривая 2 в сравнении с исходной временной характеристикой объекта – кривая 1. Изменение управляющего воздействия, определенное системой управления – число молодых специалистов – кривая 4.

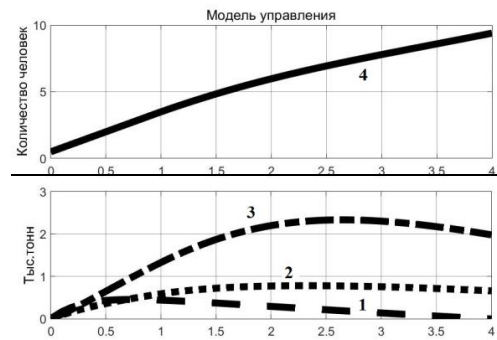


Рис. 4. Моделирование управления производством нефтепродуктов изменением числа молодых специалистов с различными настройками

Векторное управление, всеми входными параметрами S, P, G, I показано на рис. 5. Перераспределением финансовых вложений в разные направления деятельности вуза, можно добиться интенсивного и длительного суммарного роста производства нефтепродуктов.

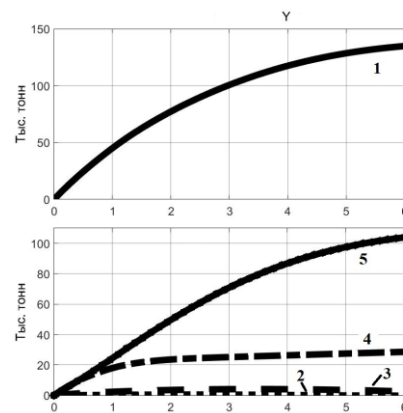


Рис. 5. Моделирование векторного управления. 1 – желаемый суммарный рост производства нефтепродуктов при сложении частных реакций управляющих величин; 2 – S ; 3 – P ; 4 – G ; 5 – I

V. ПОДСИСТЕМА КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В АСУП РЕГИОНАЛЬНОГО НЕФТЯНОГО КЛАСТЕРА

На основании построенных моделей предлагается двухконтурная подсистема кадрового обеспечения в АСУП регионального нефтяного кластера, показанная на рис. 6.

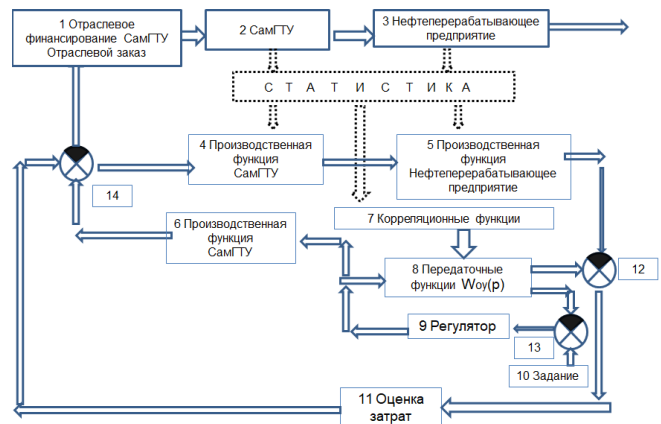


Рис. 6. Двухконтурная структура подсистемы кадрового управления нефтяным производством

Финансирование СамГТУ (блок 2) поступает из федерального бюджета с учетом потребности отрасли (блок 1). Индикаторы СамГТУ влияют на показатели эффективности нефтеперерабатывающих предприятий (блок 3).

На основании массива статистических характеристик нефтяного производства, входных и выходных (они также являются входом нефтяного предприятия) индикаторов СамГТУ строятся степенные математические модели (блок 4) и (блок 5). Эти же данные используются с помощью корреляционного анализа по методике [13] для определения передаточных функций (блок 8) объекта управления «выход СамГТУ – производство нефтепродуктов». Система регулирования замыкается регулятором (блок 9) и задатчиком (блок 10). Вектор входных параметров модели (блок 8), обеспечивающий желаемый результат и заданное качество регулирования, преобразуется через обратную степенную функцию (блок 6) в необходимые входные воздействия на объект (блок 2). Определенная в главной обратной связи по желаемому выходу невязка между результатом расчетного динамического регулирования (блок 8) и текущим состоянием степенной модели (блок 5) оценивается в блоке 11 с точки зрения экономической эффективности и преобразуется к финансовым вложениям в региональную компоненту отраслевого заказа подготовки персонала. Рассчитанное значение подается также на вход моделей (блок 4) – (блок 5), где проверяется на достоверность.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе, на основе корреляционных и взаимных корреляционных функций решена задача структурно – параметрической идентификации. Построены динамические модели в форме дифференциальных уравнений или передаточных функций и проведена верификация полученных динамических моделей с исходными данными нефтяной отрасли Самарской области. Разработана структура подсистемы управления кадровым обеспечением нефтяного предприятия в АСУП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Будзинская О. Кадровое обеспечение нефтегазовой отрасли в новых условиях. Энергетическая политика. 2021. № 10 (164). С. 90-99.
- [2] Репах Л.П. Моделирование и реализация подготовки персонала нефтегазовой отрасли к ситуациям производственного риска. Вестник Оренбургского государственного университета. 2020. № 1 (224). С. 94-100.
- [3] Родионов Д.Г., Данияли С.М. Профессиональные кадры в системе ключевых факторов повышения эффективности НГК Ирана. Кант. 2020. № 2 (35). ООО "Издательство Ставролит". Санкт-Петербург. С. 49-55.
- [4] Кальщиков А.А., Куценко А.А., Низамов Н.И., Халимова Н.Р., Гиниятуллина Р.А. Прогностические модели повышения эффективности управления в нефтегазовой сфере. Управление образованием: теория и практика. 2023. № 1 (59). С. 211-218.
- [5] Veshneva I., Bolshakov A.A. Development of a mathematical model for decision support systems in social structures based on the formation of assessments of the competitiveness of the regions of the Russian Federation. В сборнике: Society 5.0: Human-Centered Society Challenges and Solutions. Cham, 2022. С. 143-156.
- [6] Овчинкин О.В., Фролов С.Н. Модели, алгоритмы и программные средства поддержки принятия решений для повышения эффективности образовательной деятельности вуза. Отчет о НИР № 075-02-2018-861 от 19.11.2018. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. 2019.
- [7] Аверченков А.В., Аверченкова Е.Э., Гончаров Д.И. Принятие управленческих решений на основе моделирования социально-экономического развития региона в информационной советующей системе. Вестник Брянского государственного технического университета. 2018. № 4 (65). С. 76-81.
- [8] Фадеев А.М., Череповицын А.Е., Ларичкин Ф.Д. Стратегическое управление нефтегазовым комплексом в арктике. Кольский научный центр Российской академии наук: Монография. Апатиты, 2019. 289 с.
- [9] Голованов П.А., Лившиц М.Ю., Тупоносова Е.П. Идентификация модели подготовки кадров для нефтяного кластера Самарской области как объекта управления. Математические методы в технологиях и технике. 2022. № 2. С. 24-30.
- [10] Романова Т.В., Котов Д.В. Современный подход к управлению персоналом в компаниях нефтегазового комплекса Российской Федерации. Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2014. № 6. С. 562-587.
- [11] Baykina N.V., Golovanov P.A., Livshits M.Y., Tuponosova E.P. Forecast of the impact of human resources on the effectiveness of the petrochemical cyberphysical cluster of the Samara region. Cyber-physical systems: modelling and intelligent control. Studies in Systems, Decision and Control/ Volume 333. 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-63563-3>. С. 115-129.
- [12] Байкина Н.В., Голованов П.А., Лившиц М.Ю., Тупоносова Е.П. Прогноз влияния кадрового потенциала на эффективность нефтехимического кластера Самарской области. // Материалы конференции «Математические методы в технике и технологиях-ММТТ». Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (Саратов), Том:3, 2020. С. 20-26.
- [13] Анисимов С.А., Зайцева И.С., Райбман Н.С., Яралов А.А. Типовые линейные модели объектов управления. Под. ред. Н.С. Райбмана, М.: Энергоатомиздат, 1983. 264 с.
- [14] Голованов П.А., Лившиц М.Ю., Тупоносова Е.П. Идентификация модели подготовки кадров для нефтяного кластера Самарской области как объекта управления. Математические методы в технологиях и технике. Научный журнал. № 2, 2022. Санкт-Петербург. 2022. С. 24-31.