

*На правах рукописи*



**ТУПОНОСОВА ЕЛЕНА ПАВЛОВНА**

**УПРАВЛЕНИЕ КАДРОВЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ  
РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА  
«ВУЗ – НЕФТЯНОЙ КЛАСТЕР»**

Специальность 2.3.3 -Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Самара 2023

Работа выполнена на кафедре «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

Научный  
руководитель:

**Лившиц Михаил Юрьевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

Официальные  
оппоненты:

**Вешнева Ирина Владимировна**, доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные системы и технологии в обучении» ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

**Моисеева Татьяна Владимировна**, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем управления сложными системами Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук.

Ведущая  
организация:

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Защита диссертации состоится «13» декабря 2023 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.377.04 (Д 212.217.07) при ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» по адресу: 443100, Самарская область, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244, аудитория 200.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Самарского государственного технического университета по адресу: 443100, г. Самара, ул. Первомайская, д. 18 и на сайте диссертационного совета по адресу: <http://d21221707.samgtu.ru>.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Отзывы и замечания по автореферату просим высылать в двух экземплярах, заверенных печатью, по адресу: 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Самарский государственный технический университет, главный корпус, ученому секретарю диссертационного совета 24.2.377.04 (Д 212.217.07); тел. (846) 278-44-96, факс: (846) 278-44-00; e-mail: D24.2.377.04@yandex.ru.

Ученый секретарь Диссертационного совета  
24.2.377.04 (Д 212.217.07),  
к.т.н., доцент



Е.Е. Ярославкина

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования.**

Нефтяной комплекс Самарской области - один из крупнейших в стране, занимает в России особое место из-за географического расположения и экономического потенциала. Значительная доля бюджета Самарской области обеспечивается за счет получения налогов от работы предприятий, обеспечивающих добычу, транспортировку и переработку нефти. Для обеспечения конкурентных преимуществ нефтяной отрасли на мировых рынках необходимо технически модернизировать инфраструктуру нефтяного производства и готовить персонал, осуществляющий и сопровождающий эту модернизацию. В современных АСУП функции обеспечения специалистами возложены на функциональную подсистему кадрового обеспечения.

Специалистов для нефтяной отрасли Самарской области и соседних регионов готовит в основном Самарский государственный технический университет (СамГТУ). Вуз обеспечивает потребности отрасли в специалистах различных направлений и профилей. Кадровое обеспечение отрасли вузом в настоящее время организуется на основе удовлетворения отраслевых заявок, отражающих существующий уровень развития отрасли. Это не вполне отвечает требованиям интенсивного перспективного развития региональной нефтяной промышленности, однако, если допустить «перекос» в подготовке кадров в сторону обеспечения перспективных отраслевых задач, то станет затруднительно поддерживать текущую устойчивость производства. Для выхода из такого системного парадокса необходимо формировать рациональное соотношение этих компонентов математическим моделированием и управлением на основе прогноза подготовки кадров в вузе для региональных нефтяных кластеров, содержащих производственные нефтяные структуры. В связи с вышеизложенным, необходимо управлять региональной нефтяной отраслью как сложной производственной инфраструктурой, рассматривая подготовку персонала в качестве управляющего воздействия в соответствующей подсистеме кадрового обеспечения АСУП комплекса «вуз - нефтяной кластер». Все указанные обстоятельства делают актуальной задачу управления подготовкой специалистов регионального производственного комплекса «вуз - нефтяной кластер» Самарской области, которая в диссертации решается с использованием современных методов теории управления и математического моделирования.

### **Степень разработанности темы.**

Проблемы моделирования потребности промышленных предприятий в молодых специалистах рассматривают в работах Басалаева Н. А., Боков В. В., Евдокимова Л. Н., Кириченко И. В., Озеров В. К., Павлов В. Н. и др. Вопросами прогнозирования потребности промышленности в выпускниках занимались Гуртов В. А., Мезенцев А. Г., Лысенко А.В., Питухин Е. А., и др. Проблемы планирования контингента абитуриентов, подготовки и потребности в кадрах отражены в работах Алексева В.В., Волковой В.Н., Денисова А. А., Ляляева В. А, Раянгу В. А., Таукача Г. Л. и Товкуна В. И.

Управление предприятиями нефтяной отрасли рассматриваются в работах Дмитриева О. М., Затик О. С., Оноприенко Ю. Г. и др. Большой вклад в вопросы математического моделирования внесли А. Смит, Д. Хикс, Леонтьев В. В., Р. Солоу, В. Парето, Д. Рикардо, Л. Вальрас, Самарский А. А., Михайлов А. П., Моисеев Н. Н., Тихонов А.Н., А. О. Курно, Ф. Эджворт, Браверман Э.М., Сильвестров А.Н., Папченко О.М., Большаков А.А., Балакирев В.С., Вешнева И.В., Чернышова Г.Ю. и др. Математическим методам моделирования и управления кадровым потенциалом посвящены работы Дилигенского Н.В., Суббето А.И., Гохберга Л.М. и других. Вопросы управления предприятием рассматривали в работах Первозванский А.А., Гайцгори В. Г., Ицкович Э. Л., Соркин Л. Р., Чистякова Т. Б., Ильясов Б.Г., Моисеева Т.В. и др., а управление трудоустройством выпускников вузов на рынке труда рассмотрено в работе Кибанова А. Я.

Оценивая существенный вклад указанных исследований в оценке влияния кадрового обеспечения на развитие отрасли, следует отметить, что тема трансформации статистических данных, связывающих вуз и нефтяную отрасль, в динамические модели в форме передаточных функций для оценки возможности управления производством нефтепродуктов и формирования подсистемы и алгоритмов управления кадровой подготовкой для предприятий нефтяной отрасли проработана недостаточно.

**Целью диссертационной работы** является повышение производственных показателей эффективности нефтяной отрасли региона путем управления кадровым обеспечением комплекса «вуз – нефтяной кластер» в обеспечивающей подсистеме АСУП с математическими моделями в структуре.

Для достижения поставленной цели в диссертации решены следующие задачи:

1. Проведен анализ процесса управления подготовкой кадров для региональной нефтяной промышленности в производственном комплексе «вуз - нефтяной кластер».
2. Разработана методика идентификации процесса кадрового обеспечения областного производственного комплекса региональным вузом.
3. Разработан комплекс функционально ориентированных на использование в АСУП математических моделей, отражающих влияние подготовки кадров в вузе на функционирование нефтяной отрасли, и выявлены количественные характеристики этого влияния. Проведена верификация и оценка качества математических моделей.
4. Оценена чувствительность индикаторов эффективности областной нефтяной промышленности к показателям деятельности регионального вуза и чувствительность этих показателей к его ресурсам.
5. Разработан комплекс функционально ориентированных на использование в АСУП математических моделей, отражающих влияние ресурсов вуза на его выходные показатели, выявлены количественные характеристики этого влияния и проведена сравнительная комплексная многофакторная оценка

эффективности кадрового обеспечения областной нефтяной промышленности с региональным вузом.

6. В составе подсистемы кадрового обеспечения АСУП разработан алгоритм динамического управления подготовкой персонала для областной нефтяной промышленности региональным вузом, обеспечивающий требуемые индикаторы её эффективности.

**Методы исследования.** Проведенные исследования базируются на системном применении методов регрессионного и корреляционного анализа, математического моделирования, методологии многокритериального оценивания эффективности Data Envelopment Analysis (DEA), теории автоматического управления (ТАУ), использовании программной среды MATLAB.

**Работа соответствует предметной области исследования научной специальности 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (п. 3, 7, 8, 13).**

**Научная новизна.** В диссертационной работе получены следующие основные результаты, обладающие научной новизной:

1. Разработана методика структурно-параметрической идентификации корреляционной динамической и регрессионной степенной мультипликативной математических моделей кадрового обеспечения регионального производственного комплекса «вуз - нефтяной кластер», как объекта управления, отличающаяся количественной оценкой значимости системных связей в нем и сужением области определения динамической модели до компактной с целью регуляризации.
2. Сформулирована система степенных мультипликативных многофакторных математических моделей, отражающих существенные связи регионального производственного комплекса «вуз - нефтяной кластер», отличающаяся низкой ресурсоемкостью и ориентацией на изоморфную трансформацию к линейной регрессионной форме с целью параметрической идентификации и оценки качества моделирования.
3. Разработаны алгоритмическое обеспечение и структура подсистемы управления кадровым обеспечением нефтяного кластера региональным вузом в АСУП с блоком динамического управления, в отличие от известных, выполненным как пропорционально-интегральный регулятор, обеспечивающий оперативный прогноз на динамических и регрессионных степенных мультипликативных многофакторных моделях региональной компоненты кадрового заказа вузу.

#### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Методика структурно-параметрической идентификации корреляционной динамической и регрессионной степенной мультипликативной математических моделей кадрового обеспечения регионального производственного комплекса «вуз - нефтяной кластер», как объекта управления.
2. Система регрессионных степенных мультипликативных многофакторных математических моделей, отражающих существенные

системные связи регионального производственного комплекса «вуз - нефтяной кластер».

3. Алгоритмическое обеспечение и структура подсистемы управления кадровым обеспечением нефтяного кластера региональным вузом в АСУП.

**Практическая значимость работы состоит:**

- 1) в количественном системном анализе причинно-следственных связей кадрового обеспечения нефтяной отрасли Самарской области с его эффективностью;
- 2) в разработанных математических моделях для прогноза влияния управленческих решений на кадровую политику нефтяного кластера Самарской области;
- 3) в многокритериальном сравнительном анализе на основе математического моделирования деятельности СамГТУ и областной нефтяной отрасли;
- 4) в алгоритме управления формированием региональной компоненты заказа подготовки специалистов СамГТУ для областной нефтяной отрасли;
- 5) в перспективах применения разработанной методики идентификации, математического моделирования и алгоритмического обеспечения в АСУП для широкого круга сложных промышленных киберфизических систем с цифровыми двойниками.

**Теоретическая значимость работы.** Корреляционная динамическая и регрессионная степенная мультипликативная идентификация статистических исходных данных производственных структур на основе регуляризации некорректной задачи структурно-параметрической корреляционной идентификации сужением до компактной области определения динамической структуры объекта управления с применением мультипликативной степенной функции в качестве нелинейной модели и её изоморфной трансформации для применения математического аппарата линейного регрессионного анализа и использования в структуре обеспечивающей подсистемы АСУП.

**Степень достоверности результатов исследований.** Достоверность и обоснованность полученных в диссертационной работе научных результатов и выводов обеспечивается корректным использованием применяемых методов регрессионного и корреляционного анализа, математического моделирования и теории автоматического управления, верификацией разработанных моделей путем ретроспективного сопоставления со статистическим материалом и использования классических критериев оценки моделей.

**Реализация результатов исследований.** Полученные в работе теоретические положения и практические результаты использованы:

- при выполнении НИР при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (тема № АААА-А12-2110800012-0);
- при выполнении проекта Российского фонда фундаментальных исследований № 20-08-00240;
- в учебном процессе в ФГБОУ ВО «СамГТУ»;
- при принятии кадровых решений в ООО «СамараНИПИнефть»;
- при определении кадровой политики в АО «Транснефть - Дружба».

**Апробация результатов работы.** Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-исследовательских семинарах кафедры «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» ФГБОУ ВО СамГТУ и на международных и всероссийских конференциях.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 21 научная работа, в том числе 6 научных статей в изданиях из перечня ВАК, 5 статей в изданиях, включенных в международные базы данных Scopus.

**Личный вклад автора.** В работах [1, 3-7, 9-11, 15-16, 18, 19], опубликованных в соавторстве, автору принадлежит методика решения задач и результаты численных расчетов. Работы [2, 8, 12-14, 17, 20, 21] написаны единолично.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационное исследование включает в себя введение, 4 главы, заключение, список используемой литературы, приложения. Диссертационная работа изложена на 208 страницах основного машинописного текста и 2 приложений на 6 страницах, содержит 205 рисунка, 41 таблицу. Список используемой литературы включает 198 наименований.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулирована цель и определены задачи работы, сформулирована научная новизна и практическая полезность полученных результатов, сформулированы основные научные положения, выносимые на защиту, приведены данные по апробации работы.

В **первой главе** рассмотрено современное состояние исследований в области подготовки специалистов в вузе для нефтяной промышленности России. Проанализированы опубликованные работы по математическому моделированию и управлению подготовкой кадров для нефтяной отрасли в России и в мире. Проведенный анализ показывает, что, несмотря на большое количество работ в этой области, проблемы системного взаимовлияния структуры высшего образования и нефтяной промышленности, относятся к числу недостаточно исследованных. Это обстоятельство связано со сложностью баланса в системообразующем отраслевом комплексе страны между необходимостью ориентации выпускников вуза на прогрессивную модернизацию сложного нефтяного производства с одной стороны и необходимостью обеспечивать кадровые потребности существующего производства с целью сохранения его устойчивости с другой стороны в условиях быстро изменяющейся рыночной, финансовой и политической конъюнктуры. Установлено, что наиболее эффективно это противоречие можно решить путем разработки эффективных алгоритмов управления кадровыми решениями в составе соответствующей АСУП региональным нефтяным кластером на базе системного анализа, моделирования и управления подготовкой кадров в комплексе «вуз - нефтяной кластер».

Во **второй** главе проанализировано современное состояние обеспечения кадрами нефтяной отрасли промышленности России и Самарской области. Для анализа использованы официальные статистические данные Росстата.

Эффективность нефтяной отрасли Самарской области в диссертации оценивается установленными Росстатом индикаторами, основными из которых являются: количество нефти, поступившей на переработку -  $Y_1$ , среднегодовая производственная мощность выпуска нефти -  $Y_2$ , производство дизельного топлива, бензина и топочного мазута -  $Y_3$ . В результате анализа, выявлены основные факторы, которые в наибольшей степени влияют на эффективность нефтяной промышленности, среди которых значительную роль играют наличие и квалификация кадров. Автор ограничивается анализом влияния подготовки кадров в региональном вузе на эффективность областной нефтяной отрасли, рассматривая множество других воздействий на нее как возмущения в соответствующей подсистеме АСУП и предполагая обеспеченность выпускников вуза соответствующим организационно-техническим и технологическим сопровождением. Сложность и разнообразие процессов добычи, разведки, транспортировки, переработки и хранения нефти, обуславливает необходимости отрасли в специалистах широкой номенклатуры специальностей, которых выпускает крупнейший региональный вуз - СамГТУ, именуемый в своем составе крупный институт нефтегазовых технологий.

Ежегодно институт нефтегазовых технологий готовит и выпускает около 25 % от общего количества студентов СамГТУ, а также около 40% выпущенных из вуза специалистов, в дальнейшем работают в нефтяной отрасли. Некоторое отклонение от этих оценок не влияет на результаты анализа.

В качестве регламентированных отчетных показателей деятельности СамГТУ, существенно влияющих на кадровое обеспечение нефтяной промышленности рассматриваются: выпуск студентов СамГТУ -  $S$ , общее число научных публикаций с участием студентов -  $P$ , выполнение научно-технических работ (НИР) по грантам -  $G$  и генерация объектов интеллектуальной собственности -  $I$ . На эти показатели влияют установленные ресурсы вуза:  $K_1$  - объем бюджетных средств университета,  $K_2$  - общий объем средств,  $K_3$  - затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР),  $L_1$  - общее количество студентов принятых в вуз,  $L_2$  - общее количество коммерческих студентов, принятых на 1 курс,  $L_3$  - общая численность работников вуза и  $L_4$  - общая численность работников вуза с учеными степенями доктора и кандидата наук.

В **третьей** главе разработана структура регрессионных степенных мультипликативных многофакторных математических моделей (СМММ), отражающих существенные причинно-следственные связи кадрового обеспечения регионального производственного комплекса «вуз – нефтяной кластер». Предложенная методика анализа кадрового потенциала областной



нефтяной промышленности с использованием математического моделирования, содержит следующие этапы:

1. Разработка математических моделей, отражающих влияние показателей подготовки кадров в вузе на индикаторы эффективности нефтяной отрасли Самарской области.
2. Разработка математических моделей вуза, отражающих влияние ресурсов регионального вуза на его показатели подготовки кадров.
3. Выявление наиболее значимых системных связей на основе анализа чувствительности моделей к входным факторам.
4. Разработка системной математической модели кадрового обеспечения комплекса «вуз - нефтяной кластер», отражающей значимые системные связи.
5. Выбор критериев адекватности и верификация математических моделей.
6. Сравнительная комплексная многокритериальная оценка относительной эффективности кадрового обеспечения региональной нефтяной промышленности.
7. Среднесрочный ретроспективный и перспективный прогнозы влияния подготовки кадров в СамГТУ на эффективность нефтяной отрасли Самарской области с использованием полученных модельных решений.

Базовая регрессионная математическая модель в разработанной методике используется в степенной мультипликативной форме

$$z_m = A_m \prod_{n=1}^{\bar{I}} x_{nm}^{\delta_{nm}}, \quad (1)$$

$$\delta_{nm} = \arg \min_{\delta_{nm} \in R_n} \sum_{n=1}^{\bar{I}} (\ln \tilde{y} - \ln z_m)^2 \quad (2)$$

$0 < x_{nm} < \infty$ ,  $|\delta_{nm}| < \infty$ ,  $x_{nm} \in R_n$ ,  $\delta_{nm} \in R_n$  которая в эконометрике получила название неоднородной производственной функции Кобба- Дугласа.

Здесь  $x_{nm}$  -  $n$ -е входные переменные (факторы)  $m$  - й модели;  $\delta_{nm}$  - эластичность (чувствительность) выходной переменной  $z_m$  к соответствующей  $n$  - ой входной переменной (входному фактору);

$\bar{I}$  - количество входных переменных (входных факторов);  $\Psi$  - количество выходных переменных (моделей);  $A_m$  - масштабный коэффициент;  $\tilde{y}$  - статистические данные;  $n = \overline{1, \bar{I}}$ ,  $m = \overline{1, \Psi}$ .

В качестве выходных переменных  $z_m$ ,  $m = \overline{1, 3}$  в математических моделях  $F$  нефтяной отрасли Самарской области рассматриваются регламентированные Росстатом факторы:  $z_1 = Y_1$ ,  $z_2 = Y_2$ ,  $z_3 = Y_3$  (см. рис. 1).

В сводных математических моделях  $U$  (см. рис. 1) деятельности вуза в качестве выходных переменных  $z_m$  рассматриваются выбранные контрольные показатели его деятельности  $S, P, G, I$ . Эти контрольные показатели вуза в ходе системного анализа комплекса «вуз-нефтяной кластер» (см.гл.2) выявлены как существенные факторы кадрового влияния на региональную

нефтяную отрасль и поэтому рассматриваются в качестве входных переменных  $x_{11} = x_{12} = x_{13} = S$ ,  $x_{21} = x_{22} = x_{23} = P$ ,  $x_{31} = x_{32} = x_{33} = G$ ,  $x_{41} = x_{42} = x_{43} = I$  в математических моделях  $F$  кадрового обеспечения регионального нефтяного кластера. Математические модели  $F(F_1, F_2, F_3)$  для  $k$ -го выхода  $z_m = y_k$   $k = \overline{1,3}$   $y_1 = Y_1$ ,  $y_2 = Y_2$ ,  $y_3 = Y_3$  с учетом научно-технического прогресса (НТП) имеют вид степенной мультипликативной математической функции (СМФ):

$$y_k(t) = A_k \cdot S(t)^{\chi_k} \cdot P(t)^{\kappa_k} \cdot G(t)^{\varphi_k} \cdot I(t)^{\rho_k} \cdot e^{\mu_k t}, \quad (3)$$

где  $0 < A_k < \infty$ ,  $0 < S < \infty$ ,  $0 < P < \infty$ ,  $0 < G < \infty$ ,  $0 < I < \infty$ ,  $|\chi_k| < \infty$ ,  $|\kappa_k| < \infty$ ,  $|\varphi_k| < \infty$ ,  $|\rho_k| < \infty$ ,  $|\mu_k| < \infty$ .

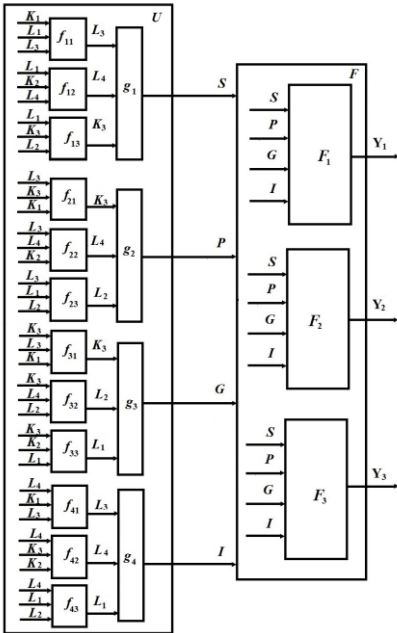


Рисунок 1 – Структура СМММ кадрового обеспечения комплекса «вуз - нефтяной кластер»

Для оценки чувствительности модельных решений к соответствующим ресурсам будем использовать полученные методом наименьших квадратов (2) факторные эластичности (коэффициенты чувствительности):  $\delta_{1m} = \chi$  - коэффициент эластичности для фактора выпуска студентов  $S$ ,  $\delta_{2m} = \kappa$  - коэффициент эластичности для фактора общего числа научных публикаций  $P$ ,  $\delta_{3m} = \varphi$  - коэффициент эластичности для фактора выполнения НИР по грантам  $G$ ,  $\delta_{4m} = \rho$  - коэффициент эластичности для фактора генерации объектов интеллектуальной собственности  $I$ ,  $\delta_{5m} = \mu$  - коэффициент эластичности для фактора НТП.

Оценка качества моделирования производится по критериям Дарбина-

Уотсона  $DW = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2}$ ,

Фишера  $F = R^2 \cdot (T - n - 1) / ((1 - R^2) \cdot n)$ , коэффициенту детерминации

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2}{\sum_{t=1}^T (y_t - y_{cp})^2}, \quad \text{где } \varepsilon_t = y_t - y_k \text{ - отклонение, } y_t \text{ -}$$

действительное значение выходной переменной,  $y_k$  - расчетное (модельное)

значение выходной переменной,  $y_{cp} = \sum_1^T y_t / T$  - среднее значение выходной переменной,  $T$  – число наблюдений.

Процедура формирования моделей  $g_1, g_2, g_3, g_4$  (см. рис.1), отражающих влияние ресурсов СамГТУ  $x_{51} = x_{52} = x_{53} = x_{54} = K_1$ ,  $x_{61} = x_{62} = x_{63} = x_{64} = K_2$ ,  $x_{71} = x_{72} = x_{73} = x_{74} = x_{75} = x_{76} = x_{77} = x_{78} = x_{79} = K_3 = K_3$ ,  $x_{81} = x_{82} = x_{83} = x_{84} = x_{85} = x_{86} = x_{87} = x_{88} = L_1$ ,  $x_{91} = x_{92} = x_{93} = x_{94} = x_{95} = x_{96} = L_2$ ,  $x_{101} = x_{102} = x_{103} = x_{104} = x_{105} = x_{106} = x_{107} = x_{108} = L_3$ ,  $x_{111} = x_{112} = x_{113} = x_{114} = x_{115} = x_{116} = x_{117} = x_{118} = x_{119} = L_4$  на контрольные показатели вуза  $S, P, G, I$ , являющиеся входами для моделей  $F(F_1, F_2, F_3)$  нефтяной отрасли, опирается на выбор, путем полного перебора сочетаний в моделях  $f_{ji}, j = \overline{1,4}, i = \overline{1,3}$  с тремя входами  $x_{ji}$  вида (1) наиболее чувствительных и значимых входных ресурсов из их полной комбинации  $C_7^3$  сочетаний всех 7-и входов  $K_1, K_2, K_3, L_1, L_2, L_3, L_4$ . Каждая из этих моделей определяет наиболее значимый фактор с наибольшей эластичностью. Таким образом, получены 4 сводные модели  $g_1, g_2, g_3$  и  $g_4$  (см. рис.1) в форме СМФ, отражающие наиболее сильные связи между ресурсами вуза и входными параметрами моделей  $F$ , определяющими влияние этих ресурсов на индикаторы эффективности отраслевого нефтяного комплекса.

$$S(t) = A \cdot L_3(t)^\theta \cdot L_4(t)^\eta \cdot K_3(t)^\psi \cdot e^{\lambda t}, \quad (4)$$

$$P(t) = A \cdot K_3(t)^\psi \cdot L_4(t)^\eta \cdot L_2(t)^\beta \cdot e^{\lambda t}, \quad (5)$$

$$G(t) = A \cdot K_3(t)^\psi \cdot L_2(t)^\beta \cdot L_1(t)^\alpha \cdot e^{\lambda t}, \quad (6)$$

$$I(t) = A \cdot L_3(t)^\theta \cdot L_4(t)^\eta \cdot L_1(t)^\alpha \cdot e^{\lambda t} \quad (7)$$

На рисунках 2 – 5 представлены результаты моделирования по сводным моделям  $g_1(4), g_2(5), g_3(6), g_4(7)$  и, с целью их верификации, построен прогноз путем сравнения модельных решений с известными статистическими данными 2018 – 2020 г.г. (ретроспективный прогноз).

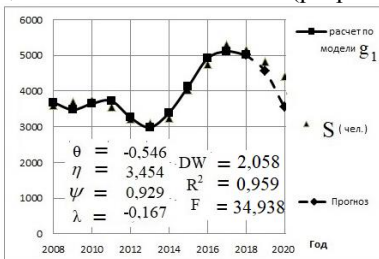


Рисунок 2 – Результаты моделирования и прогноз  $S$  по модели  $g_1$

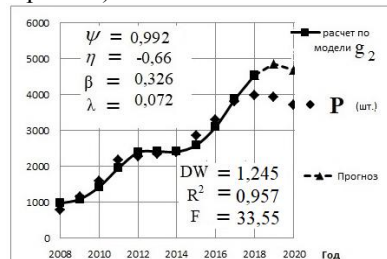


Рисунок 3 – Результаты моделирования и прогноз  $P$  по модели  $g_2$

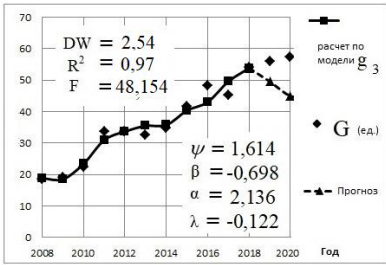


Рисунок 4 – Результаты моделирования и прогноз  $G$  по модели  $g_3$

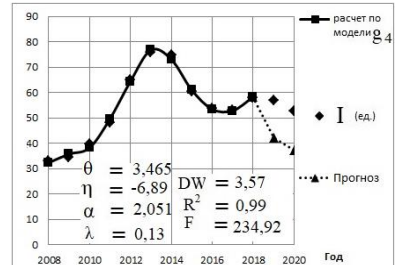


Рисунок 5 – Результаты моделирования и прогноз  $I$  по модели  $g_4$

Математические модели  $F_1, F_2, F_3$  влияния отчетных показателей вуза на показатели эффективности регионального нефтяного комплекса также верифицированы и имеют хорошие оценочные характеристики (рис.6-8).

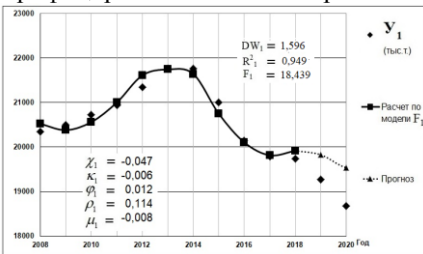


Рисунок 6 – Прогноз  $Y_1$  по модели  $F_1$

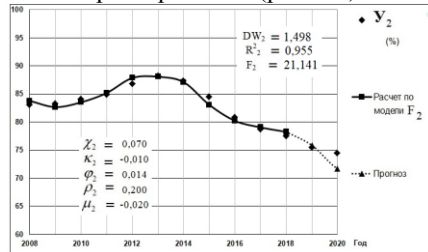


Рисунок 7 – Прогноз  $Y_2$  по модели  $F_2$

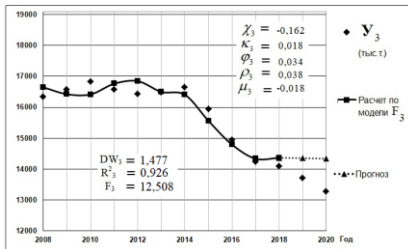


Рисунок 8 - Прогноз  $Y_3$  по модели  $F_3$



Рисунок 9 - Показатели сравнительной эффективности кадрового обеспечения нефтяной отрасли

Рисунки 2 - 8 демонстрируют достаточно высокую сходимость прогноза с реальными данными. Увеличение погрешности прогноза в период 2019-2022 гг. объясняется промышленно-финансовым кризисом из-за пандемии Covid-19 и общемировым снижением производства. Методика моделирования, предложенная в работе, ориентирована на бескризисные периоды, что подтверждается хорошими результатами ретроспективной верификации в бескризисном 2018 году и тенденцией к выходу на прогнозируемый уровень в 2021-2022 году. Модели имеют простую структуру, не требуют значительных вычислительных ресурсов и могут корректироваться с поступлением репрезентативной статистической информации. Эти модели имеют самостоятельную практическую ценность для локальных прогнозов при

принятии решений как в управлении деятельностью вуза, так и при управлении деятельностью нефтяного отраслевого кластера. При этом для принятия решений в управлении комплексом «вуз - нефтяной кластер» существенное значение имеет сравнительная многокритериальная оценка его деятельности в различные периоды для обобщения положительного опыта. Для этой оценки использован метод многокритериального оценивания эффективности DEA, исключая субъективный характер выбора весовых коэффициентов при аддитивной свертке частных критериев (см. рис.9). Сравнительная оценка эффективности в рассматриваемом периоде времени с 2008 по 2020 год по моделям (3) для  $k$ -го выхода  $y_k$ ,  $k = \overline{1,3}$ , где  $y_1 = Y_1$ ,  $y_2 = Y_2$ ,  $y_3 = Y_3$  по четырем входным показателям вуза и трем выходным показателям нефтяной отрасли сводится к решению задачи математического программирования:

$$f_i = \max_{u_{jn}, v_{jn} \in G} \frac{u_{1n} \cdot Y_{1n} + u_{2n} \cdot Y_{2n} + u_{3n} \cdot Y_{3n}}{v_{1n} \cdot S_n + v_2 \cdot P_n + v_3 \cdot G_n + v_4 \cdot I_n} \quad \text{в условиях ограничений:}$$

$$\frac{u_{1n} \cdot Y_{1n} + u_{2n} \cdot Y_{2n} + u_{3n} \cdot Y_{3n}}{v_{1n} \cdot S_n + v_{2n} \cdot P_n + v_{3n} \cdot G_n + v_{4n} \cdot I_n} \leq 1, \quad i = \{1, 2, \dots, k\}; j = \{1, 2, \dots, m\}; n = \{1, 2, \dots, N\}$$

$u_{jn} \geq 0$ ;  $v_{jn} \geq 0$ , определяющей положительные весовые коэффициенты  $u_{jn}$  и  $v_{jn}$ , соответственно характеризующие относительный вклад каждого из

факторов  $Y_i, S_n, P_n, G_n, I_n$  в суммарный показатель относительной эффективности  $f$ . При решении этой задачи на 13 временных точках, получаем показатели обобщенной относительной эффективности  $f_i$  в исследуемый период, проранжированные на интервале  $[0, 1]$ .

В **четвертой** главе рассмотрены динамические процессы управления подготовкой кадров для нефтяного кластера в региональном вузе. На рис. 10 приведена обобщенная схема кадрового обеспечения в комплексе «вуз - нефтяной кластер». Региональная компонента показателей эффективности в части, касающейся кадрового обеспечения нефтяной отрасли, формируется путем финансирования отраслевыми предприятиями соответствующей доли индикаторов деятельности университета.

Часть отраслевого дохода направляется на финансирование расходов вуза: на целевую подготовку специалистов, проведение НИР в интересах отрасли и т.д. В подсистеме кадрового обеспечения АСУП достигнутые и желательные показатели эффективности отрасли сравниваются между собой и в зависимости от рассогласования формируется проект части регионального заказа вузу в форме требуемого значения соответствующих показателей его деятельности (рис. 10). Так как проект заказа предполагает отраслевое его финансирование путем направления университету части дохода, полученного от реализации продукции нефтяного кластера, в подсистеме кадрового обеспечения АСУП формируются рекомендации отраслевому региональному топ-менеджменту по его формированию.

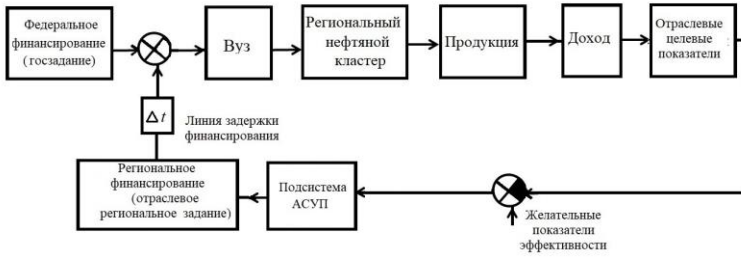


Рисунок 10 - Обобщенная схема кадрового обеспечения в комплексе «вуз – нефтяной кластер»

Модели вида (1), построенные в форме СМФ, позволяют эффективно анализировать комплекс «вуз – нефтяной кластер», однако они содержат время в неявной форме и поэтому, несмотря на высокое качество моделирования, с их помощью затруднительно проводить синтез алгоритмов динамического управления кадровыми ресурсами комплекса. Такая задача требует динамических моделей в форме дифференциальных уравнений или передаточных функций. Таким образом, возникает задача динамической структурно – параметрической идентификации процесса по официальным статистическим характеристикам в качестве экспериментальных данных.

Проблема получения такой динамической модели рассматриваемого организационно-технологического комплекса в общей постановке сводится к решению некорректной задачи определения оценки  $\bar{A}$  оператора  $A$ , переводящего случайный векторный входной сигнал  $x(t)$  в случайный выходной сигнал  $y(t)$ ,  $y(t) = A[x(t)]$ ,  $\bar{y} = \bar{A}[x(t)]$ . С целью регуляризации задачи, ограничимся описанием объекта управления в форме неоднородного линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами для каждого  $j$ -го входа  $x_j$ ,  $j = \overline{1,4}$ , где  $x_1 = S$ ,  $x_2 = P$ ,  $x_3 = G$ ,  $x_4 = I$  и  $k$ -го выхода  $y_k$ ,  $k = \overline{1,3}$ , где  $y_1 = Y_1$ ,  $y_2 = Y_2$ ,  $y_3 = Y_3$ .

$$\sum_{i=0}^3 a_i \frac{d^i y_k}{dt^i} = \sum_{\alpha=0}^2 b_{\alpha} \frac{d^{\alpha} x_j}{dt^{\alpha}}, \quad \frac{d^0 x_j}{dt^0} = x_j, \quad \frac{d^0 y_k}{dt^0} = \bar{y}_k \quad (8)$$

Такая форма достаточно хорошо описывает большинство объектов рассматриваемого типа. Этому дифференциальному уравнению отвечает передаточная функция:

$$W(p) = \frac{\sum_{\alpha=0}^2 b_{\alpha} p^{\alpha}}{\sum_{i=0}^3 a_i p^i} \quad (9)$$

и импульсная переходная характеристика

$$g(\tau) = L^{-1}[W(p)], \quad (10)$$

которая в соответствии с принципом суперпозиции определяет каждую  $k$ -ю выходную величину  $y_k(t)$  интегралом свертки:

$$y_k(t) = \sum_{j=1}^4 \int_0^{\infty} g_k(\tau) x_j(t-\tau) d\tau, \quad t \geq 0 \quad (11)$$

В соответствии с (11) идентификация импульсной переходной характеристики  $g(\tau)$  эквивалентна идентификации оператора  $A$ . Определение импульсной переходной характеристики  $g_k(\tau)$  из интегрального уравнения (11) также некорректная операция. Для регуляризации задачи идентификации перейдем к автокорреляционным

$$r_{xx}(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(\tau) x(t-\tau) d\tau, \quad (12)$$

и взаимным корреляционным функциям

$$r_{yx}(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(\tau) y(t-\tau) d\tau, \quad (13)$$

входных и выходных сигналов соответственно, введя допущение о стационарности и эргодичности случайных реализаций  $x(t)$  и  $y(t)$ . Здесь  $T$  - интервал времени наблюдения.

В этих допущениях корреляционные функции входных и выходных сигналов объекта идентификации связаны уравнением Винера-Хопфа:

$$r_{yx}(t) = \int_0^{\infty} g(\tau) r_{xx}(t-\tau) d\tau, \quad t \geq 0, \quad (14)$$

процедура решения которого относительно  $g(\tau)$ , однако, остается некорректной. Для регуляризации задачи сузим область поиска  $g_k(\tau)$  до компактного множества. Будем его отыскивать на достаточно широком, но счетном множестве типовых значений  $r_{yx}^T(t)$  и  $r_{xx}^T(t)$ , сведенных Н.С. Райбманом в таблицу для широкого круга типовых объектов вида (8). При этом задача становится корректной, а значит устойчивой по входным данным, что обеспечивает несущественную ошибку в определении  $g(\tau)$ , а значит и оператора  $A$  в форме (8) при незначительном расхождении между реальными  $r_{xx}^T(t)$ ,  $r_{yx}^T(t)$  и табличными значениями  $r_{xx}^T(t)$ ,  $r_{yx}^T(t)$ .

Для идентификации будем использовать дифференциальное уравнение, связывающее  $r_{yx}^T(t)$  и  $r_{xx}^T(t)$ , аналогичное (8) для линейных стационарных объектов:

$$\sum_{i=0}^3 a_i \frac{d^i r_{k_{yx}}(t)}{dt^k} = \sum_{\alpha=0}^2 b_{\alpha} \frac{d^{\alpha} r_{\alpha_{xx}}(t)}{dt^{\alpha}}, \quad \frac{d^{0i} r_{\alpha_{xx}}}{dt^0} = r_{\alpha_{xx}}, \quad \frac{d^{0i} r_{k_{yx}}}{dt^0} = r_{k_{yx}} \quad (15)$$

В силу того, что рассматриваемые объекты устойчивы, на коэффициенты моделей (8) и (15) согласно критерию устойчивости Раунса-Гурвица, накладываются ограничения:

$$a_3 > 0, a_1 > 0, a_2 > 0, a_1 a_2 > a_3 \quad (16)$$

Кроме того значения используемых коэффициентов  $a_i$  и  $b_\alpha$  в (8) и в (15) лежат в пределах

$$a_{i \min} \leq a_i \leq a_{i \max}, b_{i \min} \leq b_\alpha \leq b_{\alpha \max}, \quad (17)$$

ограниченную степень затухания переходного процесса с одной стороны и тривиальным совпадением,  $r_{xx}(t) = r_{xx}(t)$  свидетельствующим о безинерционности объекта управления с другой стороны.

Таким образом, условия связи (8), (15) и ограничения (16), (17) определяют совместно с библиотекой таблиц компактную область корректности задачи идентификации.

В разработанной методике, используется библиотека типовых линейных моделей Н.С. Райбмана по алгоритму (см. рисунок 11). В программной среде MATLAB рассчитываются автокорреляционные функции входов  $r_{xx_j}^\ominus(t)$  и выбираются близкие табличные автокорреляционные функции  $r_{xx_j}^T(t)$ , затем определяются взаимные корреляционные функции  $r_{y_k x_j}^\ominus(t)$  и выбираются близкие к ним табличные взаимные корреляционные функции  $r_{y_k x_j}^T(t)$ . В соответствии с выбранной табличной взаимной корреляционной функцией  $r_{y_k x_j}^T(t)$  определяется структура, коэффициенты дифференциального уравнения (8), (15) и соответствующая передаточная функция.

Полученные передаточные функции для рассмотренных примеров, представлены в таблице 1. Для вычисления импульсных характеристик  $g_k(\tau)$  линейной системы с  $n$  входами  $x(t)$  и одним выходом  $y(t)$  вместо уравнения (14) следует использовать интегральное уравнение:

$$r_{y_k x_j}(t) = \sum_{j=1}^4 \int_{t-T}^T g_k(\tau) r_{xx_j}(t-\tau) d\tau, \quad j = \overline{1,4} \quad (18)$$

Модель объекта управления «вуз – нефтяной кластер», согласно (18) должна суммировать передаточные функции  $W_{y_k x_1}(p)$ ,  $W_{y_k x_2}(p)$ ,  $W_{y_k x_3}(p)$ ,  $W_{y_k x_4}(p)$ , а траектория соответствующего параметра эффективности нефтяной отрасли  $y_k$ ,  $k = \overline{1,3}$ , представляет собой суперпозицию реакций динамических моделей нефтяной отрасли на воздействие четырех индикаторов



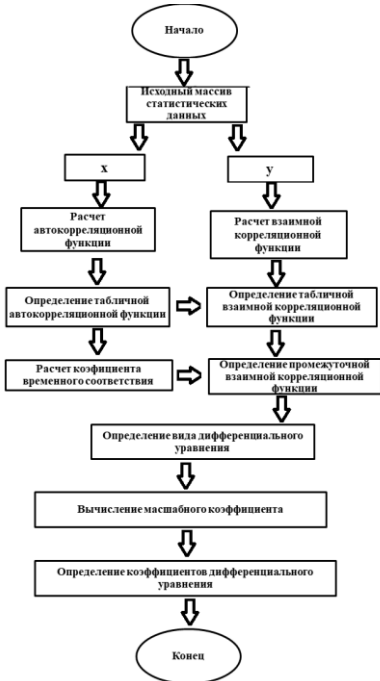


Рисунок 11 - Алгоритм структурно-параметрической идентификации объекта управления

деятельности университета  $S(t)$ ,  $P(t)$ ,  $G(t)$ ,  $I(t)$ . Тогда выходной сигнал линейной системы определяется как реакция на сумму входов

$$y_k(t) = \sum_{j=1}^4 \int_{t-T}^T g_k(\tau) x_j(t-\tau) d\tau .$$

Сравнение экспериментальных и динамических модельных траекторий в отклонениях  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  от начального значения  $x(0)$ ,  $y(0)$ :  $\Delta x(t) = x(t) - x(0)$ ,  $\Delta y(t) = y(t) - y(0)$ , где  $\Delta x(t)$ ,  $\Delta y(t)$  - отклонение  $x(t)$  и  $y(t)$  от начального значения  $x(0)$ ,  $y(0)$  представлено на рис.12 и демонстрирует хорошее качество динамических моделей.

Таблица 1 - Передаточные функции

№	Передаточные функции
$Y_1$	
1	$W_{y_1x_1}(p) = \frac{0,00032 \cdot (4375p^2 - 2500p + 1)}{p^3 + 3,5p^2 + 0,025p + 1}$
2	$W_{y_1x_2}(p) = \frac{0,0196 \cdot (16p^2 + 40p + 1)}{6,4p^3 + 5,6p^2 + 1,6p + 1}$
3	$W_{y_1x_3}(p) = \frac{16 \cdot (5,625p + 1)}{64p^2 + 8p + 1}$
4	$W_{y_1x_4}(p) = \frac{90 \cdot (10,92p^2 + 49,61p + 1)}{1250p^3 + 875p^2 + 200p + 1}$
$Y_2$	
5	$W_{y_2x_1}(p) = \frac{0,0432 \cdot (19,26p^2 + 1,926p - 1)}{1000p^3 + 3500p^2 + 25p + 1}$
6	$W_{y_2x_2}(p) = \frac{0,25 \cdot (420000p^2 + 4000p - 1)}{2500000p^3 + 50000p^2 + 20000p + 1}$
7	$W_{y_2x_3}(p) = \frac{0,003 \cdot (16,6p + 1)}{64p^2 + 0,01p + 1}$
8	$W_{y_2x_4}(p) = \frac{0,25 \cdot (420000p^2 + 4000p + 1)}{2500000p^3 + 500000p^2 + 20000p - 1}$
$Y_3$	
9	$W_{y_3x_1}(p) = \frac{0,008 \cdot (5000p^2 - 1000p - 1)}{20p^3 + 70p^2 + 8p + 1}$
10	$W_{y_3x_2}(p) = \frac{1,2 \cdot (72p^2 + 0,04p - 1)}{128p^3 + 3,2p^2 + 78,7p + 1}$
11	$W_{y_3x_3}(p) = \frac{30,1p + 1}{6,4p^2 + 8p + 1}$
12	$W_{y_3x_4}(p) = \frac{2,43 \cdot (1250p^2 + 50p + 1)}{125p^3 + 87,5p^2 + 20p + 1}$

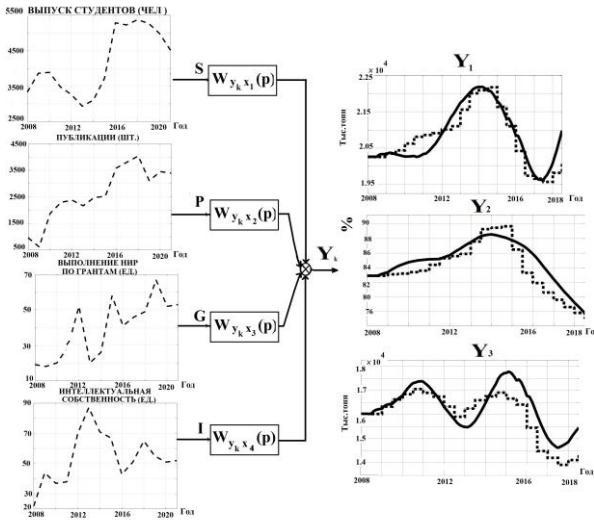


Рисунок 12 - Верификация динамической модели объекта управления

Формальная реализация автоматизированной процедуры выработки управленческих решений, в подсистеме кадрового обеспечения АСУП осуществляется по алгоритму синтеза системы автоматического управления (САУ) объектами с передаточными функциями из таб. 1.

На рис. 13 представлена типовая структурная схема системы локального автоматического автономного  $k$  - го контура управления  $k$ -м показателем эффективности  $y_k$  ( $k = \overline{1,3}$ ) по  $j$  - му входу  $x_j$  ( $j = \overline{1,4}$ ), а на рис. 14 представлена модель в «MATLAB» алгоритма управления подготовкой специалистов в вузе региональной нефтяной отрасли в подсистеме кадрового обеспечения АСУП.

Каждая передаточная функция  $W_{y_k x_j}(p)$  (см. таблица 1) связывает  $k$  - ый показатель  $y_k$  эффективности регионального нефтяного кластера с одним из  $j$  -х входов, представляющих выходные индикаторы деятельности вуза, где  $k = \overline{1,3}$ ,  $j = \overline{1,4}$ . Коэффициент обратной связи  $K_{oc y_k x_j}$  определяет долю дохода, который по алгоритму, соответствующему передаточной функции регулятора  $W_{рег y_k x_j}(p)$ , затрачивается на формирование желательной траектории  $y_{зад y_k x_j}$   $k$ -го показателя эффективности на заданном промежутке времени. Задание  $y_{зад y_k x_j}$  устанавливается для каждого  $k$ -го выхода ( $k = \overline{1,3}$ ) по  $j$  - му входу  $j = \overline{1,4}$  и на регулятор  $W_{рег y_k x_j}(p)$  поступает разность

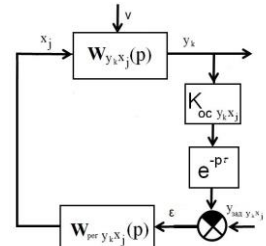


Рисунок 13 - Структурная схема алгоритма локального управления  $k$ -м показателем эффективности по  $j$ -му входу

$\varepsilon = Y_{зад} y_{kx_j} - y_k$  между заданным  $Y_{зад} y_{kx_j}$  и текущим значениями  $y_k$ .

Годовое запаздывание  $e^{-P\tau}$  связано с особенностями подведения финансовых годовых результатов отрасли.

Заданное значение  $Y_{зад} y_{kx_j}$  определяется общими требованиями промышленности, конъюнктурой внутреннего и внешнего рынков и другими многочисленными обстоятельствами.

В качестве базового закона регулирования принят пропорционально – интегральный (ПИ) закон с доказанной в классических работах эффективностью для рассматриваемых объектов вида (8), (9).

В рассматриваемой социотехнической системе пропорциональная составляющая регулятора имеет смысл непрерывного ежемесячного (ежеквартального, ежегодного) финансирования вуза с целью изменения его  $j$  - го показателя,  $j = \overline{1,4}$  ( $S, P, G, I$ ). Интегральная составляющая соответствует отложенному накопленному финансированию для изменения этого же показателя.

Отражение доли влияния каждого из входных параметров  $S, P, G$  и  $I$  на соответствующий показатель отраслевой эффективности  $Y_1, Y_2$  и  $Y_3$  в отдельности характеризуется весовыми коэффициентами  $k_{x_j}$ ,  $j = \overline{1,4}$  (рис. 14), которые содержат в скрытой форме как затраты на соответствующую часть кадрового обеспечения, так и конъюнктурную важность отраслевого показателя.

$$\Delta Y_{k_{SPGI}} = k_{x_1} \Delta Y_{S_k} + k_{x_2} \Delta Y_{P_k} + k_{x_3} \Delta Y_{G_k} + k_{x_4} \Delta Y_{I_k} \quad (19)$$

Значения весовых коэффициентов определяются любыми известными методами (МАИ, ДЕА и т.п.). Например:  $k_{x_1} = 0,2$ ,  $k_{x_2} = 0,2$ ,  $k_{x_3} = 0,3$ ,  $k_{x_4} = 0,3$  при  $k_{x_1} + k_{x_2} + k_{x_3} + k_{x_4} = 1$ .

Настроечные параметры ПИ регуляторов  $K_{P.y_{kx_j}}$ ,  $K_{I.y_{kx_j}}$  и  $K_{ос.y_{kx_j}}$  и уставки задания  $y_{зад} y_{kx_j}$  по каналам  $S, P, G, I$  ( см. рис.14) определены с помощью операции «Tuner» в среде «MATLAB» «Simulink» при моделировании каждой автономной САУ из условия стабильного роста отраслевого показателя эффективности.

В рассмотренном на рис. 14 примере рост показателей эффективности работы регионального нефтяного комплекса за счет кадровых решений составляет: для  $Y_1$  - в среднем на 29% в год; для  $Y_2$  - в среднем на 19 % в год; для  $Y_3$  - в среднем на 14% в год в случае бескризисного развития.

Полученные результаты позволяют предложить алгоритм и структуру подсистемы кадрового обеспечения АСУП при управлении подготовкой кадров для нефтяной промышленности Самарской области (см. рис. 15).

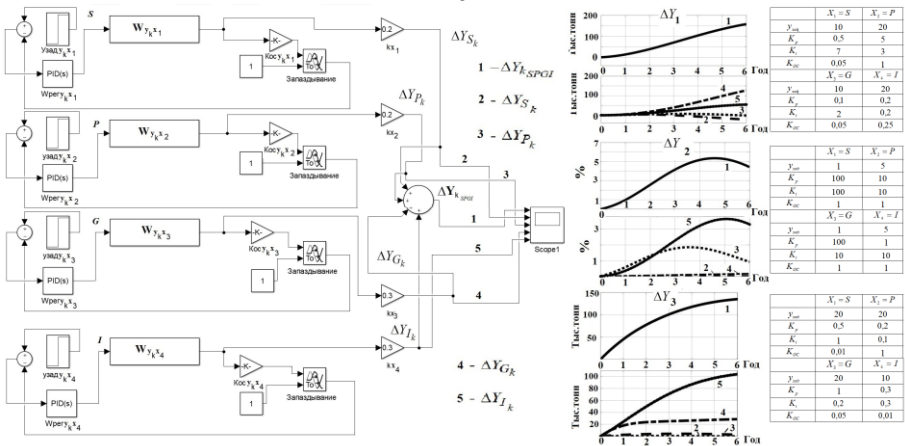


Рисунок 14 – Схема моделирования алгоритма управления  $k$ -м показателем эффективности по  $j$ -му входу в программном пакете «Simulink» в среде «MATLAB»

Базовое финансирование СамГТУ (блок 2) поступает из федерального бюджета с учетом регионального отраслевого заказа (блок 1). При этом фиксируются плановые показатели и ресурсы СамГТУ:  $K_1, K_2, K_3, L_1, L_2, L_3, L_4$ . Существенная часть финансирования СамГТУ и доля плановых показателей определяется целевыми вложениями от нефтяных компаний (целевая подготовка, выделение средств на научные исследования и разработки – гранты  $G$ , публикации  $P$  и объекты интеллектуальной собственности  $I$ ) (блок 11).

Индикаторы деятельности СамГТУ:  $S; P; G$  и  $I$ , отражающие его влияние на показатели эффективности нефтяной отрасли Самарской области:  $Y_1, Y_2$  и  $Y_3$  рассматриваются в качестве входа соответствующего блока - 3.

Эти блоки в структуре подсистемы кадрового обеспечения отражены математическими моделями СМММ – блок 4 и блок 5. Причем в блоке 4 формируется СМММ деятельности СамГТУ в форме (1), а в блоке 6 – обратная ей функция. Таким образом, по требуемым значениям коррекции выходных показателей деятельности СамГТУ –  $\Delta S, \Delta P, \Delta G$  и  $\Delta I$  по модели СМММ деятельности СамГТУ определяется дополнительная региональная компонента планируемых показателей СамГТУ  $\bar{K}_1, \bar{K}_2, \bar{K}_3, \bar{L}_1, \bar{L}_2, \bar{L}_3, \bar{L}_4$ , финансируемая и стимулируемая региональным отраслевым нефтяным кластером.

Модели СМММ в блоках 4, 5, 6 формируются на основе статистических данных соответствующих промышленных и образовательных учреждений.

Для формирования передаточных функций  $W_{y_k x_j}(p)$  (таблица 1, блок 7) используется корреляционный анализ результатов моделирования и статистических данных. Эти передаточные функции используются в структуре

САУ для синтеза в программной среде «MATLAB» регуляторов  $W_{рег\ y_k x_j}(p)$  (блоки 9).

В моделях САУ (блоки 7, 8, 9) определяются значения корректирующих показателей СамГТУ  $\Delta S$ ,  $\Delta P$ ,  $\Delta G$  и  $\Delta I$  необходимые для достижения заданных менеджментом нефтяной отрасли желательных показателей  $Y_{зад\ y_k x_j}$  эффективности отраслевого регионального нефтяного кластера.

Блок 8 в модели САУ отражает запаздывание в один финансовый год в динамических моделях реализации управляющих воздействий  $\Delta S$ ,  $\Delta P$ ,  $\Delta G$ ,  $\Delta I$  на динамическую модель объекта управления  $W_{y_k x_j}(p)$ .

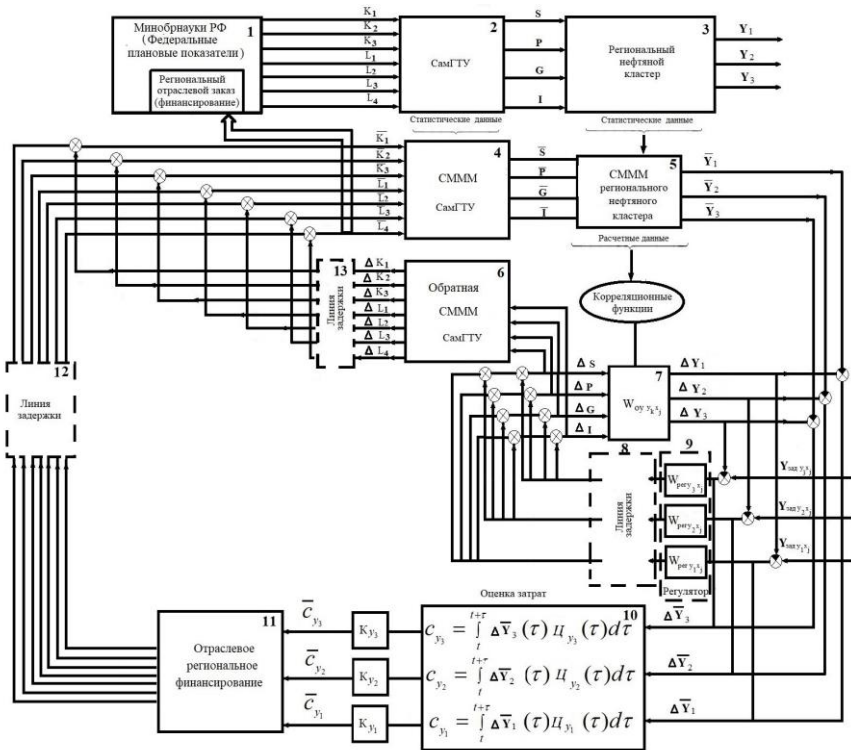


Рисунок 15- Структура управления подготовкой персонала для нефтяного кластера Самарской области в подсистеме кадрового обеспечения АСУП

На обратной модели в форме СМФ СамГТУ (блок 6) полученные в динамической модели САУ (блоки 7, 8, 9) значения коррекций требуемых выходных показателей СамГТУ  $\Delta S$ ,  $\Delta P$ ,  $\Delta G$  и  $\Delta I$  пересчитываются в плановые показатели СамГТУ:  $\Delta \bar{K}_1, \Delta \bar{K}_2, \Delta \bar{K}_3, \Delta \bar{L}_1, \Delta \bar{L}_2, \Delta \bar{L}_3, \Delta \bar{L}_4$  которые с учетом того же запаздывания на один финансовый год (блок 13) проверяются на условие достижимости заданных показателей на прямой модели СМММ регионального нефтяного кластера для использования в качестве сигналов

обратной связи  $\bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3$  в САУ для динамической реализации невязок  $\Delta Y_1 = Y_{зад\ y_1x\ j} - \bar{Y}_1, \Delta Y_2 = Y_{зад\ y_2x\ j} - \bar{Y}_2, \Delta Y_3 = Y_{зад\ y_3x\ j} - \bar{Y}_3$ .

Оценка затрат на региональное финансирование кадрового обеспечения отрасли в случае квитиования предложенного управленческого решения производится в блоке 10 соответствующим интерпретированием динамического изменения корректировки  $\Delta Y_1, \Delta Y_2, \Delta Y_3$  показателей эффективности отрасли с учетом их долей в создании дополнительного дохода  $C_{Y_1}, C_{Y_2}, C_{Y_3}$  и весовых коэффициентов  $K_{y_1}, K_{y_2}, K_{y_3}$ , учитывающими рыночную конъюнктуру.

Для синхронизации финансирования скорректированной части регионального кадрового заказа и базовой, блок 11 отраслевого финансирования формирует общий отраслевой заказ в блок 1 с той же самой задержкой финансирования в один год (блок 12).

### **Заключение**

Поставленная в работе цель достигнута:

1. Проведен системный анализ процесса управления подготовкой кадров для региональной нефтяной промышленности в производственном комплексе «вуз - нефтяной кластер».
2. Разработана методика идентификации процесса кадрового обеспечения областного производственного комплекса региональным вузом, как объекта управления.
3. Разработан комплекс функционально ориентированных на применение в АСУП математических моделей, отражающих влияние подготовок кадров в вузе на функционирование нефтяной отрасли и выявлены количественные характеристики этого влияния. Проведена верификация и оценка качества математических моделей, осуществлен среднесрочный прогноз влияния кадровых решений на эффективность работы региональной нефтяной отрасли.
4. Оценена чувствительность индикаторов эффективности областной нефтяной промышленности к показателям деятельности регионального СамГТУ и чувствительность этих показателей к его ресурсам.
5. Разработан комплекс математических моделей, отражающих влияние ресурсов отраслевого вуза на его выходные показатели, выявлены количественные характеристики этого влияния и проведена сравнительная комплексная многофакторная оценка эффективности кадрового обеспечения областной нефтяной промышленности с региональным вузом.
6. В составе подсистемы кадрового обеспечения АСУП разработан алгоритм динамического управления подготовкой персонала для областной нефтяной промышленности региональным вузом, обеспечивающий требуемые индикаторы её эффективности.
7. В рассмотренном примере показатели эффективности работы регионального нефтяного комплекса за счет управления кадровыми решениями

повышены: для  $Y_1$  - в среднем на 29% в год; для  $Y_2$  - в среднем на 19 % в год; для  $Y_3$  - в среднем на 14% в год в случае бескризисного развития.

## **Основные научные публикации по теме диссертационного исследования**

### **В публикациях, индексируемых в Scopus:**

1. Evelev A.L. Mathematical modeling process of training specialists in the engineering industry at a technical university / A.L. Evelev, M.Yu. Livshits, **E.P. Tuponosova**, E.V. Frank, M.V. Tsapenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Novosibirsk, 2019, 560(1), 012026.
2. **Tuponosova E.** The Activities of the Flagship University as a Regional Energy Production Development Factor / **E. Tuponosova** // Proceedings 2019 XXI international conference «Complex systems: control and modeling problems» (CSCMP). 2019. P. 803-806.
3. Livshits M. Modeling of the Innovative Influence of the Flagship University on the Regional Economic System/ M.Yu. Livshits, M. Tsapenko, E. Frank, **E. Tuponosova** // Proceedings 2019 XXI international conference «Complex systems: control and modeling problems» (CSCMP). 2019. P. 760-764.
4. Golovanov P. Analysis of Impact Made by the Flagship University on the Efficiency of Petrochemical Complex / P. Golovanov, M.Y. Livshits, **E. Tuponosova** // Studies in Systems, Decision and Control. Cyber-Physical Systems: Industry 4.0 Challenges., Volume 260. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32648-7\\_23/](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32648-7_23/) Studies in Systems, Decision and Control, 2020. P. 289–300.
5. Baykina N. Forecast of the impact of human resources on the effectiveness of the petrochemical cyber-physical cluster of the Samara region / N. Baykina, P. Golovanov, M. Livshits, **E. Tuponosova** // Society 5.0: Cyberspace for Advanced Human-Centered Society. Studies in Systems, Decision and Control. Volume 333. 2021 . <https://doi.org/10.1007/978-3-030-63563-3>. P. 115-127.

### **В рецензируемых журналах из перечня ВАК:**

6. Гаврилова А.А. Системный анализ и прогнозирование подготовки специалистов с высшим техническим образованием/ А.А. Гаврилова, П.А. Голованов, Н.В. Дилигенский, **Е.П. Туносова** // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Том 12(36) № 4(3). - Самара: 2010. С.743-746.
7. Гаврилова А.А. Конструирование моделей и построение краткосрочного перспективного прогноза выпуска специалистов/ А.А. Гаврилова, П.А. Голованов, Н.В. Дилигенский, **Е.П. Туносова** // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. № 2(30). - Самара: 2011. С.21-29.
8. **Тупоносова Е.П.** Моделирование потребности в кадрах высшей квалификации в Самарском регионе/ **Е.П. Тупоносова** // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Том 13. № 4(4). - Самара: 2011. С. 1236-1238.
9. Голованов П.А. Сравнительный анализ деятельности Российских и зарубежных вузов / П.А. Голованов, М.Ю. Лившиц, **Е.П. Тупоносова** // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Том 15, №6(2). - Самара: 2013. С. 339-343.
10. Голованов П.А. Сравнительный анализ российских вузов в рейтинге QS / П.А. Голованов, **Е.П. Тупоносова** // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Том 17, № 6(2). - Самара: 2015. С. 435-441.
11. Голованов П.А. Построение математических моделей востребованности работодателей выпускников СамГТУ на основе рейтинга Эксперт РА / П.А. Голованов, **Е.П. Тупоносова** // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Том 19, № 1 (2). - Самара: 2017. С. 396-400.

**Другие издания:**

12. **Тупоносова Е.П.** Оценка выпуска специалистов с помощью производственной функции / **Е.П. Тупоносова** // Высокие технологии, фундаментальные исследования, образование. Т.2. - Санкт-Петербург: 2009. С. 39-41.
13. **Тупоносова Е.П.** Построение линейной модели прогнозирования выпуска специалистов / **Е.П. Тупоносова** // Моделирование и оптимизация динамических систем и систем с распределенными параметрами, Математическое моделирование и краевые задачи. Часть 2. - Самара: 2010. С. 274-278.
14. **Тупоносова Е.П.** Построение математической модели подготовки специалистов на основе данных по рождаемости в Самарской области / **Е.П. Тупоносова** // Стратегия качества в промышленности и образовании. Технический университет-Варна, Болгария. 2011. С.454-458.
15. Голованов П.А. Оценка эффективности показателей Самарского государственного технического университета / П.А. Голованов, **Е.П. Тупоносова** // Стратегия качества в промышленности и образовании. Технический университет-Варна, Болгария. 2015. С.516-522.
16. Голованов П.А. Математическая модель выпуска специалистов вузом / П.А. Голованов, М.Ю. Лившиц, **Е.П. Тупоносова** // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. Т. 2. - Саратов: 2018. С. 114-119.
17. **Тупоносова Е.П.** Деятельность опорного вуза как фактор развития регионального энергопроизводства / **Е.П. Тупоносова** // Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XXI Международной конференции. В 2-х томах. Том II. – Самара: 2019. С. 522-525.
18. Голованов П.А. Построение передаточных функций, отражающих влияние деятельности работы вуза на производство нефтепродуктов в Самарской области / П.А. Голованов, **Е.П. Тупоносова** // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2022). Труды Международной научно-технической конференции. – Самара: 2022. С. 390-393.
19. Голованов П.А. Идентификация модели подготовки кадров для нефтяного кластера Самарской области как объекта управления / П.А. Голованов, М.Ю. Лившиц, **Е.П. Тупоносова** // Математические методы в технологиях и технике. № 2. - Санкт-Петербург: 2022. С. 24-30.
20. **Тупоносова Е.П.** Анализ бюджетного финансирования на основе контрольных цифр приема в вузы/**Е.П. Тупоносова**// Ашировские чтения. Т.1. № 1(14). – Самара: 2022. С. 482-485.
21. **Тупоносова Е.П.** Управление кадровым обеспечением регионального производственного комплекса «вуз – нефтяной кластер» / **Е.П. Тупоносова** // Математические методы в технологиях и технике. № 9. - Санкт-Петербург: 2023.С. 110-118. DOI 10.52348/2712-8873\_ММТТ\_2023\_9\_112.

Автореферат отпечатан с разрешения диссертационного совета 24.2.377.04  
(Д 212.217.07) ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический  
университет»

Протокол № 7 от 11.10.2023. Заказ № .

Формат 60x84 1/16. Отпечатано на ризографе. Тираж 100 экз.