

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный технический университет»

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Лившиц Михаил Юрьевич

Самара - 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Современное состояние исследований в области подготовки специалистов в вузе для нефтяной промышленности	12
1.1. Общая характеристика исследований подготовки кадров	12
1.2. Исследование проблемы подготовки кадров для нефтяной отрасли России	15
1.3. Математическое моделирование и управление подготовкой кадров для нефтяной отрасли	17
1.4. Выводы по первой главе	23
2. Современное состояние обеспечения кадрами нефтяной отрасли промышленности самарской области	25
2.1. Общая характеристика нефтяной отрасли в Российской Федерации и в Самарской области	25
2.2. Кадровое обеспечение нефтяной отрасли.....	30
2.3. Анализ состояния нефтяной промышленности в Самарской области.....	35
2.4. Система высшего образования в России и за рубежом.....	50
2.5. Системные взаимосвязи СамГТУ и нефтяного комплекса Самарской области	51
2.5.1. Структура взаимосвязи в комплексе «вуз – промышленная отрасль»	51
2.5.2. Мониторинг деятельности организаций высшего образования	55
2.5.3. Мониторинг трудоустройства выпускников	59
2.5.4. Российские и международные рейтинги в системе высшего образования	62
2.6. Статистические показатели деятельности СамГТУ	66
2.7. Выводы по второй главе	73
3. Регрессионные степенные математические модели кадрового обеспечения комплекса «региональный вуз - нефтяной кластер»	75
3.1. Математическое моделирование влияния кадрового потенциала на состояние нефтяной отрасли Самарской области	75
3.2. Степенные мультипликативные многофакторные математические модели комплекса «вуз-нефтяной кластер».....	76
3.3. Общая характеристика производственных функций.....	78
3.4. Оценка качества моделирования	80
3.5. Регрессионные степенные модели кадрового обеспечения региональным вузом нефтяного кластера	86
3.5.1. Математическая модель влияния индикаторов работы вуза на объем нефти, поступившей на переработку в Самарской области	88
3.5.2. Математическая модель влияния индикаторов работы вуза на среднегодовую производственную мощность переработки нефти в Самарской области	90
3.5.3. Математическая модель влияния индикаторов работы вуза на производство нефтепродуктов в Самарской области	92
3.6. Регрессионные степенные модели ресурсного обеспечения показателей деятельности регионального вуза.....	95
3.6.1 Структура СМММ кадрового обеспечения комплекса «вуз-нефтяной кластер».....	95
3.6.2. Математическая модель количества выпускников	98
3.6.2. Математическая модель количества публикаций	105
3.6.3. Математическая модель выполненных грантов.....	113
3.6.4. Математическая модель объектов интеллектуальной собственности.....	121
3.7. Прогнозирование потребности в кадрах нефтяной отрасли Самарской области	130

3.8. Многокритериальное оценивание относительной сравнительной эффективности DEA кадрового обеспечения нефтяной отрасли	134
3.9. Выводы по третьей главе.....	137
4. Динамическое управление кадровым обеспечением регионального нефтяного кластера	139
4.1. Постановка задачи идентификации динамическими моделями кадрового обеспечения нефтяного кластера как объекта управления.....	139
4.2. Подготовка исходных данных для идентификации кадрового обеспечения региональным вузом нефтяного кластера как объекта динамического управления.....	143
4.3. Методика структурно-параметрической идентификации динамического процесса кадрового обеспечения нефтяного кластера Самарской области	145
4.4. Построение динамических моделей кадрового обеспечения нефтяного кластера в форме передаточных функций.....	148
4.4.1. Построение корреляционных функций входов	148
4.4.2. Построение передаточных функций, отражающих влияние деятельности вуза на объем нефти, поступившей на переработку в Самарской области	150
4.4.3. Построение передаточных функций, отражающих влияние деятельности вуза на среднегодовую производственную мощность переработки нефти в Самарской области ..	154
4.4.4. Построение передаточных функций, отражающих влияние деятельности вуза на производство нефтепродуктов в Самарской области	157
4.5. Верификация динамических моделей интегрированного объекта «вуз - нефтяной кластер».....	161
4.6. Управление количественными и качественными параметрами вуза для воздействия на производство продукции нефтяной отрасли	163
4.6.1. Разработка автоматизированного алгоритма управления кадровым обеспечением отрасли как автоматического ПИ-регулятора	167
4.6.2. Согласованное кадровое управление отраслевыми показателями нефтяной промышленности Самарской области.....	172
4.7. Структура управления подготовкой персонала для нефтяного кластера Самарской области в подсистеме кадрового обеспечения АСУП.....	175
4.8. Выводы по четвертой главе.....	179
Заключение	180
Список литературы	183
ПРИЛОЖЕНИЕ А	203
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	205

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы

Интенсивный рост нефтяной отрасли в России начался еще в середине XX века. Добыча нефти увеличилась с 10,3 млн. тонн в 1913 году до 70,8 млн. тонн к 1955 году, а в 1970 году уже составила 390 млн. тонн [107]. В 2021 году, несмотря на последствия пандемии, добыча нефти в России составила 524 млн. тонн.

Нефтяной комплекс Самарской области – один из крупнейших в стране, занимает в России особое место в силу своего географического расположения и экономического потенциала.

Значительная доля бюджета Самарской области обеспечивается за счет получения налогов от работы предприятий, осуществляющих добычу, транспортировку и переработку нефти.

Структура запасов нефти усложняется из-за выработанности крупных месторождений, которые находятся в поздней стадии разработки и значительной обводненности их продукции. В связи с этим, актуальна разработка инновационных методов интенсификации добычи, которые позволяют значительно увеличить коэффициент извлечения нефти из уже разрабатываемых пластов. Внедрение методов интенсификации добычи нефти на предприятиях нефтегазового комплекса РФ проводятся достаточно интенсивно, однако, выбор того или иного метода требует научно обоснованного подхода с использованием передовых цифровых интеллектуальных производственных комплексов и роботизированных систем.

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) – единственный региональный вуз, имеющий в своем составе крупный

нефтегазовый институт. Вуз обеспечивает потребности отрасли в специалистах различных направлений и профилей: геологах, буровиках, конструкторах, а также специалистов трубопроводного транспорта, химиках, автоматчиках, механиках, электриках и т. д.

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 Н.А. Басалаева, В.В. Боков, Л.Н. Евдокимова, И.В. Кириченко, В.К. Озеров, В.Н. Павлов и др.

Вопросами прогнозирования потребности промышленности в выпускниках занимались В.А. Гуртов, А.Г. Мезенцев, А.В. Лысенко, Е.А. Питухин и др.

Проблемы планирования контингента абитуриентов, подготовки и потребности в кадрах отражены в работах В.В. Алексеева, В.Н. Волковой, А.А. Денисова, В.А. Ляляева, В. А. Раянгу, Г.Л. Таукача и В.И. Товкуна. Проблемы управления предприятиями нефтяной отрасли рассматриваются в работах О.М. Дмитриева, О.С. Затик, Ю.Г. Оноприенко и др.

Большой вклад в вопросы математического моделирования внесли А. Смит, Д. Хикс, В.В. Леонтьев, Р. Солоу, В. Парето, Д. Рикардо, Л. Вальрас, А.А. Самарский, А.П. Михайлов, Н.Н. Моисеев, А.Н. Тихонов, А.О. Курно, Ф. Эджворт, Э.М. Браверман, А.Н. Сильвестров, О.М. Папченко, А.А. Большаков, В.С. Балакирев, И.В. Вешнева, Г.Ю. Чернышова и др. Математическим методам моделирования и управления кадровым потенциалом посвящены работы Н.В. Дилигенского, А.И. Суббето, Л.М. Гохберга и др.

Вопросы управления предприятием рассматривали в работах А.А. Первозванский, В.Г. Гайцгори, Э. Л. Ицкович, Л.Р. Соркин, Т.Б. Чистякова, Б.Г. Ильясов, Т.В. Моисеева и др., а вопросы управления трудоустройством выпускников вузов на рынке труда рассмотрены в работе А.Я. Кибанова.

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 рисунков, 41 таблицу. Список литературы включает 198 наименований.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ВУЗЕ ДЛЯ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1.1. Общая характеристика исследований подготовки кадров

В 2013 году Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России) принята стратегия развития системы подготовки кадров до 2020 года, в которой определены основные направления государственной политики в области подготовки квалифицированных рабочих и специалистов среднего звена. Рассмотрены внутренние и внешние факторы, влияющие на развитие системы подготовки кадров [154].

Проблемы моделирования потребности промышленных предприятий в молодых специалистах рассматривают в своих работах Н.А. Басалаева, В.В. Боков, Л.Н. Евдокимова, И.В. Кириченко, В.К. Озеров, В.Н. Павлов и др. [11, 14, 17, 48, 108, 157]. Подчеркивается, что учебные специальности и направления подготовки в вузах не всегда соответствуют потребностям предприятий в квалифицированных кадрах.

Методика прогнозирования состояния образования в России, предложенная М. П. Карпенко, основана на географическом и демографическом прогнозе, который базируется на оценке динамики рождения детей [66]. В результате анализа статистических данных многих стран в работе [66] утверждается, что высшее образование существенно повышает качество жизни граждан – возрастают их доходы, снижается риск безработицы, повышается продолжительность жизни. Показано, что для наиболее экономически активной части населения России возрастной группы 18–35 лет получение высшего образования является одним из ведущих приоритетов в оценке качества жизни. С учетом этого разработан критерий оценки качества жизни в регионах страны с позиций этой группы населения. При этом автор работы [66] полагает, что система высшего образования может вносить в ВВП страны вклад, сопоставимый по масштабам с экспортом нефти.

В монографии [111] рассмотрен цикл развития человечества с учетом знания. Для создания «знания» как системного элемента выделены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в качестве подсистемы для формирования знания и его преобразования в образцы полезных продуктов. При этом квалифицированные работники рассматриваются как носители знания, которые используют его для производства.

В работе [109] с помощью построения теоретико-игровой модели корпоративного взаимодействия высших образовательных учреждений и предприятий проведен анализ и предложен метод прогноза дополнительной потребности в квалифицированных кадрах.

В монографии директора Международного института планирования образования ЮНЕСКО доктора Жака Аллана «Вклад в будущее: приоритет образования» дана концептуальная установка образовательных приоритетов в развивающемся мире; уровень развития образования определен важнейшим критерием социально-экономического развития государства, так как развитие экономики в значительной степени определяется подготовленностью кадрового потенциала [3].

Проблемам планирования подготовки специалистов и организации трудоустройства молодежи посвящены труды И.Е. Заславского, Г.Н. Григорьянца, В.А. Кузьмина, В.Ф. Пугач, Е.А. Федорова и др. [52, 53, 123].

Анализ потребности в кадрах различных отраслей проводился Н.В. Дилигенским, Л.Н. Джеком, Б.С. Ивановым, В.С. Михайловым, К.Г. Кязимовым, А.В. Мышаковым, С.А. Константиновым и др. [40, 42, 75, 82, 83, 192].

Вопросами прогнозирования потребности промышленности в выпускниках занимались Гуртов В. А., Мезенцев А. Г., Лысенко А.В., Питухин Е. А., и др.[37, 38, 87].

Проблемы планирования контингента абитуриентов, подготовки и потребности в кадрах отражены в работах В.В. Алексеева, В.Н. Волковой, А.А. Денисова, В.А. Лялева, В.А. Раянгу, Таукача Г. Л. и В. И. Товкуна и др.[2, 25, 88, 91, 124, 159, 164].

Анализ и мониторинг трудоустройства выпускников провели А.В. Воронин, В.А. Гуртов, Л.М. Серов и др. [168].

Социологические исследования проблем образования проводились В.Н. Шубкиным в начале 1960-х годов. В своих исследованиях В.Н. Шубкин проанализировал факторы, которые влияют на систему образования [187].

Авторы [50] предлагают варианты повышения качества образования: качественное руководство производственными практиками студентов и привлечение их к выполнению научно-исследовательских и хозяйственных работ. Такая методика применяется в Самарском государственном техническом университете на кафедре «Бурение нефтяных и газовых скважин».

В Петрозаводском государственном университете В.А. Гуртовым, А.Г. Мезенцевым и Е.А. Питухиным исследованы потребности региональных экономик в выпускниках системы высшего профессионального образования на примере Республики Карелия [37, 38].

В работе [42] Н.В. Дилигенский и В.С. Михайлов рассмотрели методологию прогнозирования численности инженерно-технических работников на основе комплексного моделирования развития промышленных технологий и необходимого обеспечения их трудовыми ресурсами [42].

В работах [89, 170] рассмотрены методы и модели поддержки принятия решений при оценке и прогнозировании сбалансированности рынка труда и образовательных услуг. Авторами проведен анализ кадрового потенциала региона и разработана методика для проведения количественной и качественной оценки и прогнозирования уровня сбалансированности рынка труда и рынка образовательных услуг для Белгородского региона.

Таким образом, можно констатировать значимость для страны создания системы прогнозирования потребностей рынка труда в кадрах различной квалификации (в соответствии с существующей профессиональной квалификационной структурой, потребностями и перспективами развития регионов России, в том числе с учетом международных тенденций). В этом направлении недостаточно разработаны методологические подходы, которые

завершались бы созданием методики подготовки регионами и отраслями промышленности федеральной и региональной составляющих государственного задания на подготовку кадров в системе высшего, среднего и начального профессионального образования.

1.2. Исследование проблемы подготовки кадров для нефтяной отрасли России

Рассмотрим анализ существующих методов исследования процессов подготовки кадров для нефтяной промышленности.

Развитию, текущим проблемам и перспективам функционирования нефтяной промышленности посвящены работы [12, 133, 176, 182].

Нефтяная отрасль является одной из ведущих отраслей народного хозяйства РФ и оказывает большое влияние на все другие отрасли промышленности из-за наличия в своем составе многочисленных предприятий различного профиля.

В работе [176] на основе оценки роли нефтеперерабатывающей отрасли в российской и международной экономике сделан вывод, что модернизация нефтеперерабатывающих заводов и повышение глубины нефтепереработки кроме очевидного повышения качества нефтепродуктов существенно повышает и экономический потенциал страны в целом. В этой работе выявлены основные факторы модернизации нефтеперерабатывающей отрасли.

В статье [12] приведена динамика и прогноз добычи нефти и конденсата в России с учетом текущих санкций. В работе [80] рассмотрена территориальная структура нефтеперерабатывающей промышленности Самарской области и оценена эффективность функционирования нефтяной промышленности. В частности проанализирована нефтедобыча и нефтепереработка компаниями области.

Аналізу подготовки отечественных инженерных кадров в СССР для успешной разведки и добычи нефти на территории Азербайджана и Северного Кавказа посвящена работа [62].

Корпоративные образовательные программы подготовки специалистов и управления персоналом в компаниях нефтяной отрасли рассмотрены в работах Ю.В. Андюкаевой, В.И. Балаба, В.О. Чуксиной и др. [4, 8, 183].

В. Г. Мартыновым проведен анализ состава абитуриентов на нефтегазовые специальности и предложен путь для создания новых рабочих мест для обеспечения социальной стабильности в обществе [90].

Необходимость развития системы подготовки кадров для нефтегазового комплекса анализировалась Т.В. Романовой и Д.В. Котовым в [130]. Рассмотрен дисбаланс между требованиями компаний и квалификацией выпускников учебных заведений и выделены пути привлечения специалистов на предприятия нефтяного комплекса [130].

Авторы О.В. Булыгина, В.А. Долгов и А.А. Рафикова в [20] предложили модели развития профессиональных компетенций и управлениями человеческими ресурсами в нефтехимическом комплексе.

Особенности подготовки инженерных кадров в нефтегазовых вузах рассмотрены в работе [27]. При подготовке инженерных кадров в нефтегазовых вузах решающую роль, по мнению авторов, играют инновационные методы обучения, повышение эффективности работы профессорско-преподавательского состава кафедры и научно-педагогического состава.

В работе [77] авторы на примере научно-исследовательского проектного института ОАО «ТомскНИПИнефть» описывают проект, направленный на повышение качества подготовки будущих инженеров. Совместно с вузами Томска и проектными организациями студенты проходят практическое обучение на производственном материале.

Опыт подготовки специалистов нефтегазовой отрасли в Ташкентском государственном техническом университете имени И.А. Каримова, Каршинском инженерно-экономическом институте, Ташкентском химико-технологическом институте, Бухарском инженерно-технологическом институте и филиале Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина (РГУ нефти и газа) рассматривается в работе [26]. Студенты проходят

квалификационную практику на нефтегазодобывающих и перерабатывающих предприятиях. Для овладения современными технологиями внедряется система сотрудничества с зарубежными вузами.

В современных условиях на предприятиях нефтегазодобывающего сектора постоянно ведется работа по формированию, развитию и продвижению кадрового резерва. Вопросами управления кадровым потенциалом организаций посвящено большое количество трудов [9, 10, 18, 24, 31, 67, 97].

В работе [9] авторы использовали экономико-статистические методы количественной балльной оценки эффективности мероприятий по формированию системы управления кадровым потенциалом современного предприятия.

Особенности формирования кадрового резерва на предприятиях нефтегазодобывающего сектора рассмотрены в работе [10]. Предложены программы развития кадрового резерва на предприятиях отрасли, таких как ПАО «Газпром», ПАО «Роснефть» и ПАО «Лукойл».

Несмотря на большое количество публикаций, работ, детально анализирующих подготовку кадров в вузах для нефтяной отрасли с учетом требований и влияния на эффективность производства, не выявлено.

1.3. Математическое моделирование и управление подготовкой кадров для нефтяной отрасли

Математическое моделирование является эффективным средством исследования сложных процессов. Из многочисленных определений моделирования [186] будем в дальнейшем придерживаться следующего [150]: «Замещение одного объекта другим с целью получения информации о свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели называется моделированием».

Моделирование является основным методом исследования сложных объектов в различных сферах инженерной деятельности во всех областях знаний. Ограниченность возможности экспериментального исследования сложных производственных систем делает актуальной разработку методики их моделирования, которая позволяет анализировать процесс их функционирования [150].

Большой вклад в вопросы исследования моделей и математического моделирования внесли А. Смит, Д. Хикс, Ф. Кэне, В.В. Леонтьев, Р. Солоу, В. Парето, Д. Рикардо, Л. Вальрас, А.А. Самарский, А.П. Михайлов, Н.Н. Моисеев, А.Н. Тихонов, А.О. Курно, Ф. Эджворт, О.М. Белоцерковский, Э.М. Браверман, А.Н. Сильвестров, О.М. Папченко, А.А. Большаков, И.В. Вешнева, Г.Ю. Чернышова и др. [16, 21, 22, 30, 64, 84, 100, 112, 115, 129, 135, 145, 149, 163, 178, 194, 197, 198].

В большинстве практических работ моделирование проходит следующие этапы. На первом этапе осуществляется целеполагание и анализируется априорная информация об объекте моделирования. Затем формируется неявная математическая модель процесса, отражающая соотношения между входными и выходными характеристиками объекта и его параметрами в форме дифференциальных, алгебраических, операторных уравнений, неравенств, статистических характеристик и т. п. Затем определяется метод и алгоритм решения соответствующей задачи для получения явной математической модели в форме явных выходных зависимостей. На последнем этапе проводится анализ и интерпретация полученных результатов [55, 56, 74, 185].

По функциональному признаку в социотехнических производственных системах выделяются модели анализа, модели планирования и модели учета [43]. По признаку размерности математические модели социотехнических производственных систем подразделяются на макромоделли (описывают системы как единое целое), локальные модели (рассматривается подсистема) и микромоделли (описываются отдельные составляющие системы). По содержательным признакам выделяют следующие виды: статистические модели, динамические модели, балансовые модели (статические) [43].

В качестве методологии построения и идентификации параметров математических моделей сложных производственных систем широко используются методы математической статистики – корреляционный и регрессионный анализ, индексный и выборочный методы. Наиболее простыми

являются линейные математические модели. Они позволяют явно выразить зависимость между входными и выходными параметрами [188].

Широко распространенным для моделирования сложных объектов является корреляционно-регрессионный анализ [13, 43, 84]. В этом случае ставится задача установить корреляционную связь и аналитически подобрать уравнение, описывающее корреляционную зависимость. Взаимосвязь между входной и выходной переменной легко находится с помощью построения множественной линейной регрессионной модели [13].

При этом параметры регрессионной модели могут быть определены различными способами, чаще всего используют метод наименьших квадратов (МНК) [13, 43, 185]. Достоинством регрессионных моделей является их простота и наглядность результатов. К недостаткам метода относится невысокая точность прогнозов при экстраполяции, субъективный характер выбора вида конкретной регрессионной зависимости и затруднительность вскрытия причинно-следственных связей в силу формального характера метода.

Линейные регрессионные модели при поэтапной аппроксимации используются также и для моделирования нелинейных процессов при линеаризации задачи различными способами [13, 43].

В практике моделирования производственных систем широко используется математическое программирование, которое позволяет обеспечить наилучшее приближение заданного класса математических моделей к моделируемому процессу в пространстве коэффициентов модели [55].

В определенных классах моделей для прогнозирования временных рядов используются методы Брауна и Хольта, которые относятся к адаптивным методам прогнозирования [86].

При моделировании и анализе сложных многоэтапных производственных работ применяют сетевые модели и модели марковских случайных процессов [185].

Одним из главных факторов стабильного развития предприятия, высокой конкурентоспособности, повышения прибыли и производительности труда

является кадровый потенциал организации. Вопросы управления кадровым потенциалом организации рассмотрены в работах [7, 68, 70, 156, 166, 184]. В [68] автор выделяет процессный подход к определению и анализу кадрового потенциала организации, для эффективной реализации которого необходимы 333 определенные условия и ресурсы.

Кроме того, существует множество различных видов математических моделей, например матричные, модели в виде производственных функций, модели теории массового обслуживания, модели управления и др. [13, 43, 55, 86, 185].

Моделированию функционирования вузов посвящено большое количество работ [19, 28, 35, 37].

Математическим методам моделирования кадровых процессов посвящены работы Н.В. Дилигенского, А.И. Суббето, Л.М. Гохберга [34, 42, 155].

В работах [85, 173, 174] рассмотрено моделирование деятельности вуза в рамках концепции развития экономики в Самарской области.

Анализ зарубежного и отечественного опыта развития и взаимосвязей предприятий и вузов достаточно полно представлен в работе Н.Р. Кельчевской и М.И. Срогович. В результате выявлено более 10 форм практического осуществления взаимосвязи между вузами и предприятиями за рубежом [69].

Авторы в [69] пришли к выводу, что в России применяются такие же формы взаимодействия высшей школы и промышленности, как за рубежом. Наиболее эффективным критерием взаимодействия вузов и предприятий они считают трудоустройство.

В статье [25] рассматриваются вопросы построения информационной модели специалиста. Для формирования такой модели используется информационный формализм на базе диалектической логики.

В статье [116] рассмотрен прогноз потребности в кадрах экономики по Российской Федерации в целом и ее регионов методом экспертных оценок.

В сборнике докладов [190] рассмотрены методы прогнозирования кадровых потребностей рынка труда для формирования регионального заказа на подготовку

кадров. Например, Ф.Ф. Дудырев и О.А. Романова рассмотрели международный опыт прогнозирования потребностей экономики в компетенциях и квалификациях; Н.Ю. Посталюк привел некоторые обоснования для прогнозов, которые предлагают исследователи для прогнозирования рынка труда; а З.А. Васильева и И.В. Филимоненко выделили особенности, которые возникают при сложности моделирования потребности экономики региона в кадрах.

Рост конкуренции предприятий, сокращение объемов производства, повышение цен на расходные материалы, недостаток инвестиций, повышение стоимости основного оборудования и рабочей силы, возможная нехватка квалифицированных специалистов требуют принятия адекватных управленческих решений управления персоналом и производством в нефтяной отрасли. В связи с развитием новых технологий, старением персонала и т.д. уровень подготовки и количество необходимых специалистов во всех областях нефтяного производства изменяется. При этом естественным образом осуществляется интеграция системы образования и социально – производственной системы в единую социотехническую структуру.

Выработка управленческих решений в сложных социотехнических системах основывается на общей теории управления. Основы современной науки управления связаны с именами Ф. Тейлора и Н. Винера. В работах [63, 191] рассмотрены вопросы развития отечественной кибернетики и основы теории управления применительно к производственным системам. Использование моделей, методов и средств теории принятия решения помогают управляющему субъекту сделать выбор наилучшего варианта решения поставленной задачи.

Вопросы управления предприятием рассматривали в своих работах А.А. Первозванский, В.Г. Гайцгори, Э.Л. Ицкович, Л.Р. Соркин, А.Я. Кибанов и др. [6, 29, 46, 61, 71, 113, 167], а управление трудоустройством выпускников вузов на рынке труда рассмотрено в работе [72].

Анализ двухуровневой системы управления химико-технологическим производством рассмотрен в статье [29]. Группа авторов в работе [61] рассмотрела некоторые научные подходы по управлению производственными

системами на предприятиях. В частности, анализируется метод бережливого управления, основанный на интеграции системы сбалансированных показателей с методом бережливого производства, что обуславливает повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции за счет снижения ее себестоимости.

Планирование и управление производством с помощью математических методов рассмотрено в работе А.А. Первозванского [113] в 1975 году. Автор уделил большое внимание вопросам оперативного планирования и управления запасами, объемами затрат и выпуска продукции. Анализ проводился с использованием планово-производственных функций, которые позволяют отразить особенности производства, уточнить прогноз функционирования, а следовательно, повысить эффективность планирования в целом. Систематизировано и проанализировано поточно-массовое производство, многофазные задачи управления запасами, планирование на основе оперативно-сетевых моделей и вероятностные операционно-сетевые модели.

В статье [41] поведение производственно-экономической системы изучается на основе модификации нелинейной обобщенной макроэкономической модели Солоу. В работе [175] рассматриваются вопросы организации удаленного управления производственными системами на примере корпоративного центра удаленного мониторинга инфраструктуры и систем в компании «ЛУКОЙЛ». Для реализации концепции удаленного управления главным является наличие современной информационно-технологической базы, где важную роль играет организация структуры центра и его кадровый состав.

Общие проблемы принятия решений в социотехнических киберфизических системах исследованы в работах Б.Г. Ильясова, Т.В. Моисеевой, С.В. Смирнова и др. [15, 23, 58, 101].

Вопросы поддержки принятия решений при управлении промышленным предприятием рассмотрены в работах [76, 118]. В статье [76] авторы для обработки и анализа делят информационные потоки, поступающие для принятия решений, на три группы: объективная четкая информация, нечеткая или

субъективная и технологическая.

В работе [92] авторы рассматривают вопросы принятия решений и построение моделей для выполнения управленческих функций. Коллектив ученых анализирует метод управления, который они подразделяют на три этапа: наблюдение (сбор и анализ информации), формирование гипотезы (варианты действия) и верификация (подтверждение гипотезы практикой). В публикации затронуты вопросы стратегического планирования, обеспечения эффективности деятельности организации и управления трудовыми ресурсами.

Управление предприятиями нефтяной отрасли рассматривается в работах [32, 45, 54, 110, 158]. Авторы анализируют модели и методы регулирования внутренними процессами предприятий нефтегазового сектора. В статье [45] представлена модель соотношения этапов в процессах стратегического и инновационного управления. С помощью целевой функции автор разработал модель управления инновационной деятельностью нефтяной компании.

Ю.Г. Оноприенко в диссертационном исследовании [110] разрабатывает модели и предлагает методику для управления проектами НИОКР инновационными источниками развития на основе методов многокритериального принятия решений для нефтяной отрасли. Автором использован метод анализа иерархий, теория нечетких множеств и построена модель развития нефтяной отрасли на основе многокритериального выбора альтернатив на базе нечеткого отношения предпочтений.

1.4. Выводы по первой главе

Проведенный анализ показывает, что, несмотря на обширный список опубликованных по данной теме работ, проблемы взаимосвязи высшего образования и промышленности, вопросы эффективного трудоустройства выпускников вузов относятся к числу недостаточно исследованных. Современное производство, в том числе и нефтяное, нуждается в компетентных специалистах, а значит, необходимо эффективное управление подготовкой кадров. При этом математические модели целесообразно функционально ориентировать на

небольшую ресурсоемкость вычислительных средств, возможность быстрой и удобной идентификации и адаптации с целью получения краткосрочного и среднесрочного прогноза. Это обстоятельство связано с изменчивостью экономической конъюнктуры в связке «региональная нефтяная отрасль – подготовка кадров в вузе».

2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДРАМИ НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

2.1. Общая характеристика нефтяной отрасли в Российской Федерации и в Самарской области

Углеводороды являются важным товаром мирового рынка. Российская Федерация, обладая большими запасами нефти, экспортирует её как в сыром, так и переработанном виде. Бюджет страны в значительной части определяется прибылью от экспорта сырья. Нефтегазовые доходы составляют 46 % и в 2018 году принесли в казну более 9 трин рублей [49, 122].

Россия на современном этапе развивает свой промышленный уровень, используя богатые сырьевые ресурсы, в значительной мере основываясь на производственном потенциале Советского Союза.

Значительный вклад в экономику вносит статья «Добыча полезных ископаемых», в особенности нефтегазовая сфера. При относительно небольшом количестве занятых работников, которое в 2017 году составляло всего 1,6 %, указанная отрасль приносит основной доход в бюджет [122, 132].

Федеральным органом, осуществляющим функции регулирования в сфере топливно-энергетического комплекса, является Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России) [96].

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) является сложной структурой, содержащей большое количество подсистем. Топливная подсистема в свою очередь включает в качестве основных компонентов угольную, газовую и нефтяную промышленность. Технология добычи и переработки по сути – основа нефтяной промышленности. Эта технология состоит из геолого-разведочных работ, позволяющих оценить объем нефти в месторождении, а затем с использованием разведочного бурения подтвердить её запасы; организацию добычи нефти с помощью бурения эксплуатационных скважин с дальнейшим обустройством месторождений (создание инфраструктуры первичной подготовки,

транспортировки и хранения нефти). Большой и сложной технологической подсистемой является переработка нефти.

Таким образом, технологическая структура нефтяной отрасли упрощенно содержит следующие крупные компоненты (рисунок 2.1): геологоразведка; разведочное бурение; эксплуатационное бурение; освоение скважин (разработка нефтяных месторождений и добыча нефти); первичная подготовка нефти; транспортировка; хранение.

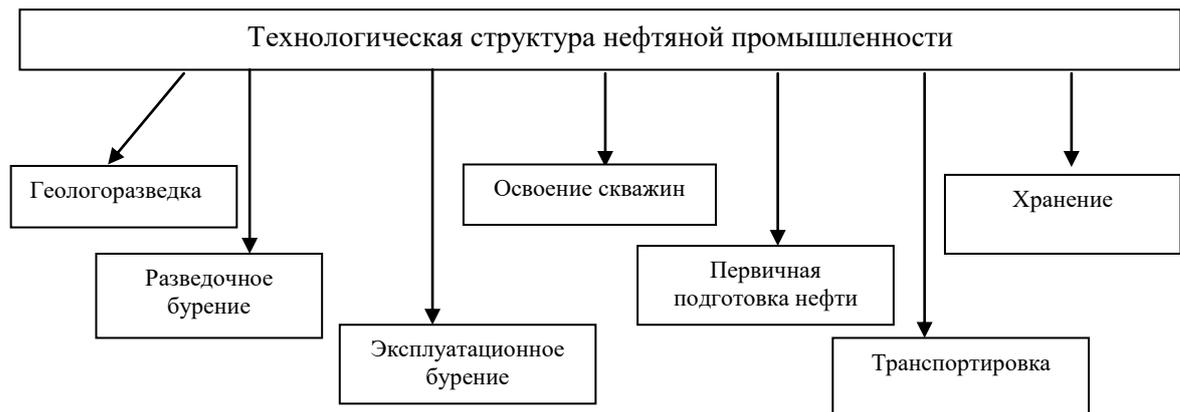


Рисунок 2.1 - Технологическая структура нефтяной промышленности

График добычи сырой нефти с 2010 по 2021 годы представлен на рисунке 2.2. Видно, что в указанном периоде добыча нефти увеличивается с 522 млн. тонн и к 2018 году достигает 566 млн. тонн. По сравнению с 2016 годом в 2017 году добыча нефти снизилась на 0,2 % в связи с соглашением организаций стран экспортёров нефти ОПЕК (англ. The Organization of the Petroleum Exporting Countries) по снижению добычи сырья, а затем резко возросла на 1,5 % за год.

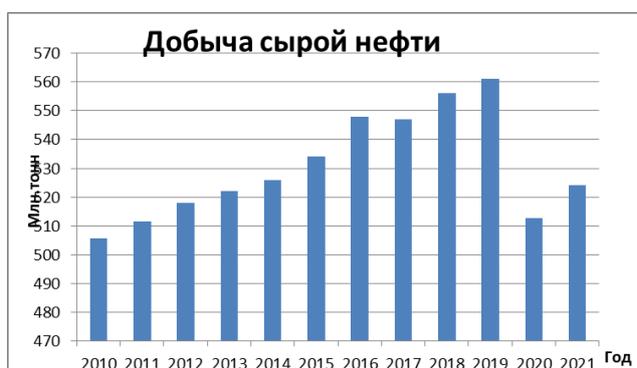


Рисунок 2.2 - Добыча сырой нефти в России



Рисунок 2.3 - Стоимость выполненных работ и услуг в нефтяной сфере в России

В 2020 и 2021 годах добыча сырой нефти снизилась на 8,6 % по сравнению с 2019 годом в связи с общим снижением промышленного производства из-за

пандемии Covid-19, а затем повысилась на 2,2 % по сравнению с 2020 годом и почти достигла уровня 2014 года.

Запасы нефти снижаются, а спрос возрастает, в связи с этим общий тренд направлен на увеличение её стоимости при длительном горизонте прогнозирования. Значительная часть добытой и переработанной в России нефти экспортируется за границу, и поэтому кроме баланса «производство – потребление» показатели работы ТЭК существенно зависят от курса доллара. На эффективность ТЭК влияют политические и экономические факторы, а также санкции, вводимые по отношению к России.

Нефтяная промышленность является одной из основных отраслей в народном хозяйстве и оказывает большое влияние на другие сферы производства и как донор, и как потребитель, и как поставщик ресурсов.

Добыча в России сырой нефти и природного газа, работ и услуг в этих областях, а также производство нефтепродуктов и кокса [122] приносит доход в среднем в размере 4 - 8 трлн руб. с 2010 по 2020 годы, а с 2018 года уже больше 10 трлн руб. в год (рисунок 2.3). Однако в 2020 и 2021 годах из-за пандемии Covid-19 происходит снижение объема выполненных работ и услуг по добыче сырой нефти и природного газа более чем на 30 % и на 18 % происходит снижение объема услуг по производству нефтепродуктов и кокса.

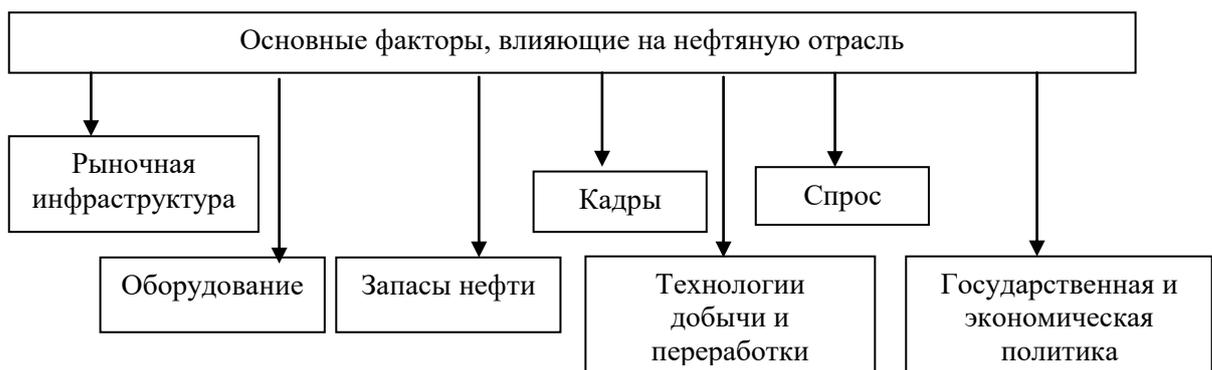


Рисунок 2.4 – Факторы, влияющие на нефтяную отрасль

К основным факторам, влияющим на нефтяную отрасль можно отнести следующие (рисунок 2.4): рыночная инфраструктура (баланс «добыча – потребление», цена нефти, курс валют, инфляция); специальное оборудование, научно-техническое обеспечение; имеющиеся и разведанные запасы нефти;

наличие кадров, работающих в отрасли и уровень подготовки новых специалистов; развитие технологий; спрос на продукцию; государственная и экономическая политика; другие факторы.

Проанализируем функционирование нефтяной отрасли в России. Нефтяная промышленность существенно зависит от мировой конъюнктуры. В мире добывается несколько десятков сортов нефти. Однако эталонными считаются только три из них: Brent, WTI и Dubai Crude. Цены на эти сорта нефти определяются публичными котировками и используются для расчета стоимости других сортов. В России добывается пять сортов нефти: Urals, Siberian Light, Sokol, ESPO и REBCO (Russian Export Blend Crude Oil). На рисунке 2.5 представлен график изменения цены на нефть марки Brent с 1999 по 2021 годы в долларах США, а на рисунке 2.6 – цена на нефть марки Urals с 1999 по 2021 год в долларах США за 1 баррель [179, 180, 189].

В июле 2008 года цены на нефть марки Brent достигли исторического максимума - 143,95 доллара, но в связи с мировым кризисом произошло резкое падение цены, средняя цена за год составила 97 доллара за баррель. После 2014 и до 2019 года цена на нефть стала в 2 раза ниже, чем в 2011 году, и составляет порядка 65 долларов за баррель (рисунок 2.5). В 2020 году из-за последствий пандемии Covid-19 происходит резкое снижение стоимости до 42 за 1 баррель, однако уже в 2021 году наблюдается повышение на 70% до 71 доллара.



Рисунок 2.5 - Цена на нефть марки Brent с 1999 по 2021 год в \$ США за 1 баррель



Рисунок 2.6 - Цена на нефть марки Urals с 1999 по 2021 год в \$ США за 1 баррель

Проанализируем график цены на нефть марки Urals с 1999 по 2021 годы, представленный на рисунке 2.6. С 1999 и до 2004 годы средняя стоимость 1 барреля нефти была в среднем в районе 24 долларов США, а с 2005 года ее

стоимость начала увеличиваться до 2008 года, затем в 2009 году происходит спад на 35 % по сравнению с предыдущим годом, а затем подъем до 2011 года, и цена нефти марки Urals составила около 110 долларов за баррель. В 2021 году стоимость нефти составила около 83, что соответствует ценам 2010 года.

При сравнении цены на нефть марки Brent (рисунок 2.5) и цены на нефть марки Urals (рисунок 2.6) с 1999 по 2021 годы в долларах США видно, что графики имеют сходный вид из-за того, что мировые кризисы оказывают влияние на цены на нефть во всем мире, включая Россию.

Себестоимость нефти и продуктов её переработки в разных регионах страны зависит от запасов, сложности её добычи, применяемых технологий, оборудования, объемов переработки. Совокупность факторов: истощение старых и разведка новых месторождений, внедрение передовых технологий добычи и переработки нефти, политическая конъюнктура и колебание спроса, приводят в рыночных условиях к колебанию цены на нефть и нефтепродукты. В наибольшей степени на стоимость нефти влияет соотношение спроса и предложения. При уменьшении спроса, добытую и переработанную нефть можно поместить в хранилища, но их объем и количество ограничены и продавцам приходится уменьшать цены.

Цена нефти оказывает существенное влияние на нефтяные доходы в бюджете России. Курс рубля к доллару определяет в значительной мере стоимость импортного оборудования. Резкое повышение курса доллара произошло в 2015 году, что совпадает со снижением мировых цен на нефть и введением санкций против России [81].

Россия занимает одну из лидирующих позиций по экспорту нефти. В основном объем годовой продажи увеличивается, исключение составил 2014 год, когда произошел резкий скачок курса доллара. Соответственно цена нефти на мировом рынке снизилась и сократилось её производство. Далее за счет регулирования добычи нефти цена стабилизировалась [96].

На нефтехимических заводах в России из исходного сырья получают более пятидесяти видов нефтепродуктов, основными из которых являются продукты

вторичной переработки нефти, а именно бензин, дизельное топливо, мазут, керосин, пластмассы. На рисунке 2.7 представлены графики производства в России основных продуктов переработки нефти: топочного мазута, дизельного топлива и автобензина. Наибольший объем производства среди нефтепродуктов составляет дизельное топливо (около 40%).

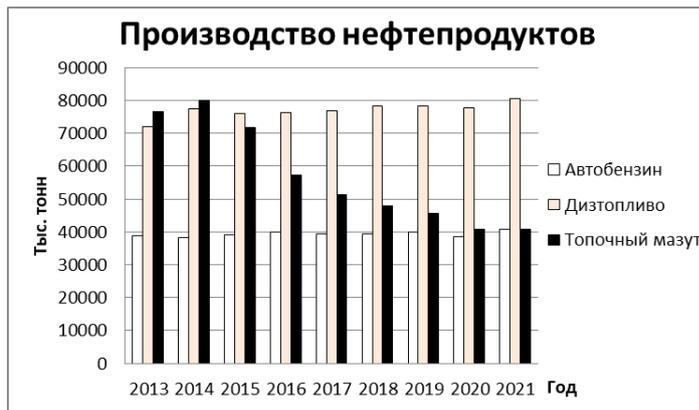


Рисунок 2.7 - Производство нефтепродуктов в России

В 2015 году экспорт дизельного топлива составил около 26 млн. тонн, из которых 11 млн. тонн вывезено в страны Западной Европы и 9 млн. тонн – в страны Южной Европы. Производство автобензина в России увеличивается практически каждый год. Производство топочного мазута после 2014 года снижается, в среднем на 20 % в год, хотя его объем составляет порядка 34 % от всего количества переработки. В 2019 году его производство уменьшилось по сравнению с 2013 годом на 40 % и составило 45 млн. тонн. Это связано с повышением глубины переработки, излишком мазута на Российском рынке и с одновременным ростом экспортных пошлин. В 2020 и 2021 годах производство мазута составило около 40 млн. тонн. Производство автомобильного бензина составляет более 3 млн. тонн в месяц, в год - около 40 млн. тонн. В рассматриваемом периоде отмечается небольшой постоянный рост производства дизельного топлива и автобензина без резких изменений [120].

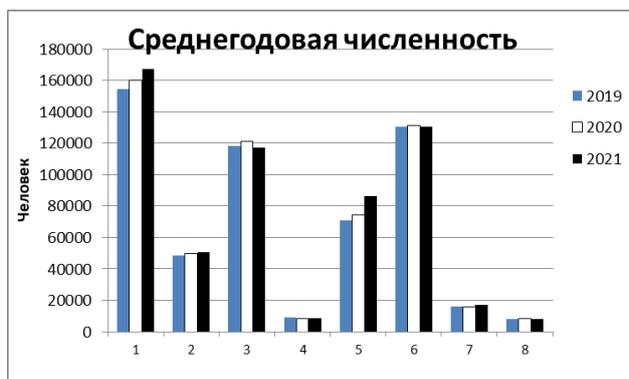
2.2. Кадровое обеспечение нефтяной отрасли

С точки зрения кадровых ресурсов, добывающую отрасль нельзя отнести к ресурсоемким. В целом, в России из 71 млн. занятого трудоспособного населения в 2018 году 1,142 млн. работали в добыче полезных ископаемых, а 13,67 млн. человек – в торговле, общественном питании и бытовом обслуживании [131, 132].

Из 146 млн. человек, проживающих в России, в 2018 году суммарная численность занятых в экономике составила 71,562 млн. человек, где 15,7 % работали в обрабатывающей промышленности, 10,3 % – в добыче полезных ископаемых, в транспорте и связи – 8,7 %, в строительстве – 6,5 %; 33,8 % – в торговле и финансах и сфере недвижимости.

В России в нефтяной сфере в 2017 году было задействовано 1,6 % всего работоспособного населения. Среднегодовая численность работников в добыче полезных ископаемых в 2018 году составляла около 900 тыс. человек, а в 2020 году повысилась на 11 % и составила около 1 млн. человек [122].

На рисунке 2.8 изображен график численности работников, занятых в добыче нефти, природного газа, производстве нефтепродуктов, транспортировании нефти и нефтепродуктов, газа и продуктов его переработки, хранении и складировании нефти и газа и продуктов их переработки за 2019, 2020 и 2021 годы по данным Росстата. Суммарная численность работников по приведенным видам экономической деятельности за 2019 год составила 555589 человек, за 2020 год – повысилась на 2,5 % и стала равна 569532 человек, а в 2021 году – 585595 человек.



1. добыча сырой нефти
2. добыча природного газа,
3. производство нефтепродуктов,
4. производство газов,
5. транспортирование по трубопроводам нефти,
6. транспортирование по трубопроводам газа,
7. хранение и складирование нефти,
8. хранение и складирование газа.

Рисунок 2.8 – Среднегодовая численность работников, занятых по видам экономической деятельности

Согласно работе [103], среднесписочная численность работников, занятая в производстве нефтепродуктов в 2019 году в России, составила 118200 человек, в 2020 их количество увеличилось на 2,1 % и составило 120741 человек, в 2021 году увеличилось на 0,05 % и сопоставимо со значением среднегодовой численности за

2019 года. В добыче сырой нефти и нефтяного (попутного) газа в 2019 году работало 154695 человек, в 2020 году на 3,6 % больше, а в 2021 году – 164959 человек, что на 6,6% больше, по сравнению с 2019 годом.

В 2020 году удельный вес численности принятых и выбывших работников в отрасли по добыче полезных ископаемых составил соответственно 11,7 % и 14,1 %, в производстве нефтепродуктов – 10 % и 9,9 %.

Численность требуемых работников списочного состава на вакантные рабочие места в 2020 году в добыче полезных ископаемых была около 4000 человек, а в производстве нефтепродуктов - 2200 человек.

В компании ПАО «НК Роснефть» доля категории «Руководители» составила 12 %, «Специалисты и служащие» – 33 %, «Рабочие» – 55 %, в ПАО «Лукойл» доля категорий «Руководители» такая же, категория «Специалисты» составила 27%, а «Рабочие» - 61%. В ПАО «Транснефть» доля категорий «Руководители, специалисты и служащие» составили 54%, а «Рабочие» 1– остальные 46%.

В ПАО «Лукойл» доля работников до 35 лет составляет 37 %, а сотрудников старше 50 лет – 18%, а в ПАО «Транснефть» меньше молодых специалистов, доля работников до 30 лет составляет всего 16%, а старше 50 лет – 34 %.

Основные производственные процессы нефтяного комплекса имеют дискретно-непрерывный характер и кроме того, пожаро-взрывоопасны, многие из технологических процессов отличаются высокой степенью автоматизации производства. Для работы в нефтяной отрасли необходимы работники разных специальностей и профилей, это инженеры и разработчики: нефтяники, буровики, трубопроводчики, электрики, а также специалисты инфраструктуры: математики, бухгалтеры, экономисты, знающие специфику отрасли. Подготовка кадров динамический и сложный процесс, сосредоточенный за пределами нефтяного кластера.

Рассмотрим подготовку кадров в вузе как один из управляющих факторов производственных процессов нефтяного кластера Самарской области.

Подготовку специалистов в вузе можно разделить на 4 основных этапа (рисунок 2.9):

- подготовка кадров инженерного уровня – бакалавров, специалистов и магистрантов;
- подготовка кадров высшей квалификации – аспирантов и докторантов;
- дополнительное образование – переподготовка и повышение квалификации;
- выполнение вузом работ по научно-техническим направлениям в интересах отрасли с участием студентов – инициативные работы, хоздоговорные работы, разработки которых отражены в грантах, патентах, публикаций, выступлениях на конференциях и т.д.

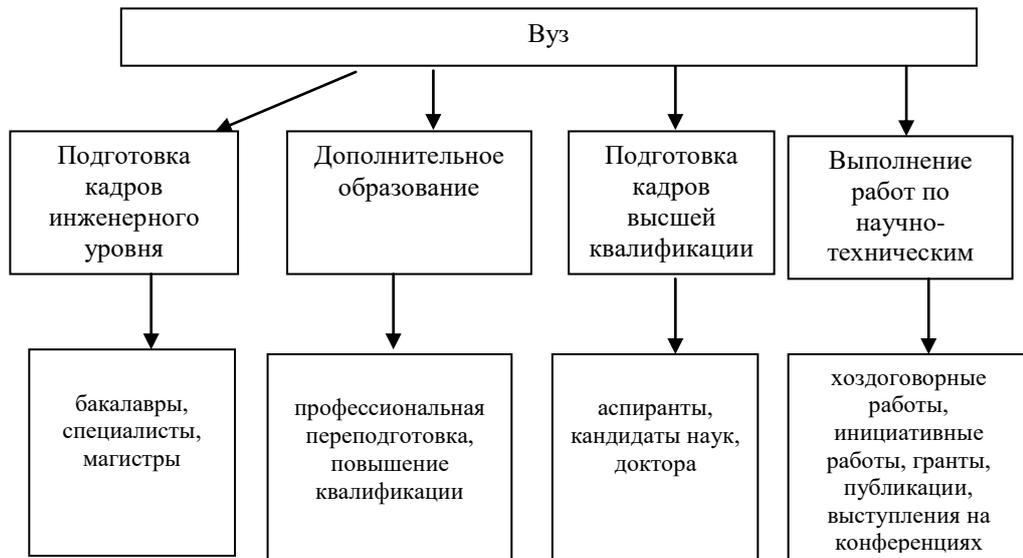


Рисунок 2.9 – Основные направления подготовки кадров в вузе

Важнейшим фактором развития региона является подготовка кадров высшего образования для промышленности. В Самарской области функционируют 23 высших учебных заведений, из них - 12 государственных учреждений высшего образования (ВО), 5 негосударственных учреждений ВО, 5 филиалов государственных образовательных организаций ВО и 1 филиал негосударственных учреждений ВО. Подготовка студентов в регионе осуществляется более чем по 200 образовательным программам.

Широкий профиль факультетов и институтов подготовки обеспечивает СамГТУ. Обучение в университете ведется на 5 факультетах, 5 институтах и в высшей биологической школе: академия строительства и архитектуры, институт нефтегазовых технологий, институт автоматики и информационных технологий, институт инженерно-экономического и гуманитарного образования и институт дополнительного образования, факультет машиностроения, металлургии и

транспорта, теплоэнергетический факультет, электротехнический факультет, химико-технологический факультет и инженерно-технологический факультет (рисунок 2.10).



Рисунок 2.10 – Факультеты и институты СамГТУ

При этом вуз обеспечивает потребности отрасли не только в узкоспециализированных нефтяных направлениях подготовки специалистов, но и в специалистах сервисных направлений – экономика, автоматика и т.д. [137].

Учитывая, что в Самарской области очень мощный нефтяной кластер, в университете существует развитая специальная система подготовки кадров нефтяного профиля, обеспечивающая нефтяное производство на всех стадиях процесса высококвалифицированными специалистами (рисунок 2.11).

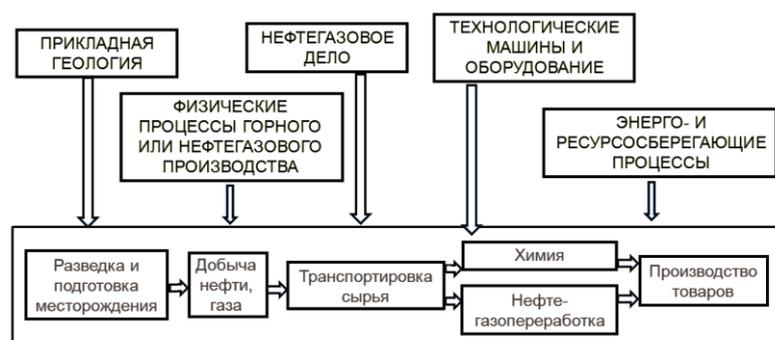


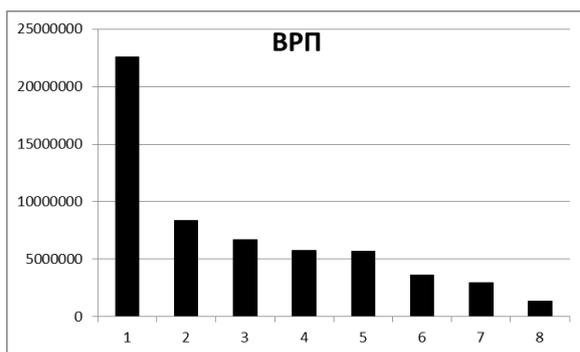
Рисунок 2.11 – Структура кадрового обеспечения технологических стадий производственного нефтяного цикла СамГТУ

На химико-технологическом факультете в СамГТУ на кафедре «Химическая технология переработки нефти и газа» идет подготовка кадров для нефтеперерабатывающих заводов области. Теплоэнергетический и электротехнический факультеты готовят бакалавров и магистров для системы энергообеспечения нефтяной отрасли. Институт дополнительного образования

обеспечивает дополнительную подготовку, переподготовку и повышение квалификации по всем направлениям нефтяной промышленности, а в учебно-методическом и аттестационном центре «Нефтегазобезопасность», можно пройти обучение по программам «Нефтяное дело», «Геология», «Капитальный ремонт скважин», «Машины и оборудование нефтяных и газовых скважин», «Разработка нефтяных и газовых скважин», «Бурение нефтяных и газовых скважин» и др. и получить диплом о дополнительном образовании, а также рабочие специальности – помощник бурильщика капитального ремонта скважин, помощник бурильщика эксплуатационного и разведочного бурения, слесарь по ремонту технологических установок, оператор по добыче нефти и газа, трубопроводчик линейный, оператор товарный и др.

2.3. Анализ состояния нефтяной промышленности в Самарской области

Рассмотрим особенности функционирования нефтяной отрасли в Самарской области. Самарская область входит в Топ-20 регионов России с максимальным рангом производственного потенциала. По информации Росстата и статистики федеральных ведомств по инвестиционному потенциалу и интегральному риску область занимает 14 место в рейтинге инвестиционной привлекательности регионов RAEX [165].



- 1 Центральный Федеральный округ
- 2 Приволжский Федеральный округ
- 3 Уральский Федеральный округ
- 4 Северо-Западный Федеральный округ
- 5 Сибирский Федеральный округ
- 6 Южный Федеральный округ
- 7 Дальневосточный Федеральный округ
- 8 Северо-Кавказский Федеральный округ

Рисунок 2.12 – Валовой региональный продукт
(млн.руб.)

Приволжский Федеральный округ (ПФО) вносит большой вклад в валовой региональный продукт (ВРП). На рисунке 2.12 представлены средние значения с 2010 по 2020 годы ВРП по федеральным округам. Существенную роль в развитии Приволжского Федерального округа (ПФО) вносит Самарская область. Основу

экономики региона составляют производящие отрасли: добыча и переработка нефти, разработка иных полезных ископаемых, машиностроение, энергетика, металлургия, авиационно-космический комплекс, легкая и пищевая промышленность, сельское хозяйство. Промышленное производство региона поддерживается сервисной сферой: финансы, подготовка кадров, строительство, инфраструктура.



Рисунок 2.13 – Отраслевой состав промышленности Самарской области

В Самарской области работают предприятия по производству легковых автомобилей, самолетов, авиационных двигателей, подшипников, нефтеперерабатывающие заводы, металлургические заводы, деревообрабатывающие комбинаты и мебельные фабрики, лакокрасочные и химические заводы, завод пластмасс, производители горючесмазочных материалов (ГСМ), удобрений (рисунок 2.13) [95].

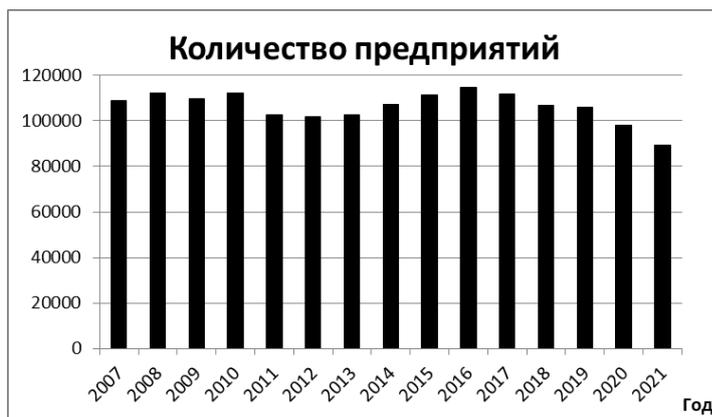


Рисунок 2.14 – Количество предприятий, работающих в Самарской области с 2007 по 2021 годы

На рисунке 2.14 показано количество предприятий, работающих в Самарской области с 2007 по 2021 годы, в 2018 году функционировало около 107 тыс. предприятий. Максимальное их количество было в губернии в 2016 году, минимальное – в 2012 году, что связано с замедлением роста

мировой экономики и изменением курса рубля на мировом рынке. С 2012 года

наблюдается рост числа предприятий, на что повлияла политика импортозамещения в России.

В Самарской области на 1 января 2018 года работало 106832 предприятия. Представленное в таблице 2.1 распределение предприятий и организаций по видам экономической деятельности за 1 января 2018 года в Самарской области в целом коррелирует с распределением в России [122]. В сфере добычи полезных ископаемых работают очень крупные предприятия с мощными материальными фондами с большим количеством сотрудников.

Таблица 2.1 – Распределение числа предприятий и организаций по видам экономической деятельности на 1 января 2018 год в Самарской области

№ п/п	Предприятия и организации	Количество
1	Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	36447
2	Строительство	11906
3	Обрабатывающие производства	8583
4	Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	8483
5	Деятельность профессиональная, научная и техническая	8089
6	Транспортировка и хранение	7189
7	Деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги	4480
8	Деятельность в области информации и связи	2571
9	Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания	2329
10	Образование	2175
11	Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	2027
12	Деятельность финансовая и страховая	1783
13	Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг	1781
14	Деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений	1624
15	Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение	1594
16	Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	604
17	Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	428
18	Добыча полезных ископаемых	322
19	Предоставление прочих видов услуг	4417

В 2010 году ПФО занимал 2 место в России по запасу нефти и газа, а Самарская область занимает 4 место в ПФО по добыче полезных ископаемых [95, 146].

Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по добыче полезных ископаемых в 2017 году составил 273744 млн. руб., в обрабатывающем нефтепроизводстве – 969528 млн. руб., в то время как в отрасли, занимающейся обеспечением электрической энергией, газом и паром этот показатель составил около 115780 млн. руб., что в два раза ниже, чем по добыче полезных ископаемых. В 2016 году в Самарской области было добыто 16683,5 тыс. т сырой нефти, а в 2017 году на 2 % меньше – 16412,9 тыс. т. В 2019 году объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по добыче полезных ископаемых составил 371281,6 млн. руб., что на 35 % больше, чем в 2017 году, однако из-за пандемии в 2020 году происходит спад отгруженных товаров в Самарской области до уровня 2017 года. Рост производства в нефтяной отрасли ведет к повышению ВВП в Самарской области и ее доходов. По данным регионального Министерства экономического развития и инвестиций в 2018 году Самарская губерния обеспечивала первичную переработку до 3 % добытой нефти, в том числе производила 10 % топочного мазута, 7-8 % автомобильного бензина и дизельного топлива в России [140 - 144].

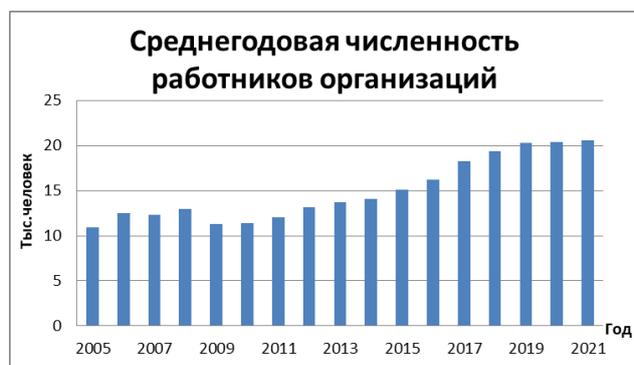


Рисунок 2.15 – Среднегодовая численность работников организаций добычи полезных ископаемых в Самарской области



Рисунок 2.16 – Количество организаций добычи полезных ископаемых в Самарской области

Рассмотрим социальные отраслевые показатели, к которым можно отнести количество рабочих мест (тыс. чел) и число организаций (единиц) в нефтяной отрасли, которые влияют на систему подготовки отраслевых кадров. Развитие производства – увеличение количества организаций или расширение предприятий

связано с привлечением новых кадров (это могут быть выпускники вуза) или с перетоком опытных специалистов.

На рисунке 2.15 представлен график среднегодовой численности работников организаций нефтяной отрасли (тыс. чел), а на рисунке 2.16 – изменение количества предприятий и организаций указанной направленности в Самарской области [140 - 144].

В 2018 году среднегодовая численность работников в Самарской области составила 1,6 млн. чел. Общий спад производства (в период после 2009 года) привел к сокращению числа работников в первую очередь за счет увольнения низкоквалифицированных кадров с целью сокращения затрат.

При этом число организаций и предприятий нефтяной отрасли в Самарской области выросло. Возможно, это связано с увеличением количества предприятий малого и среднего бизнеса, с ростом производства, увеличение количества фирм потребовало и увеличения числа специалистов. В 2019 и 2020 годах среднегодовая численность работников организаций по добыче полезных ископаемых составила около 20 тыс. чел. Рост этих показателей связан с развитием отрасли в целом и в Самарской области в частности. В 2021 году на 325 предприятиях нефтяной отрасли были задействованы 20,6 тыс. чел. Очевидно, это связано с реструктуризацией предприятий, появлением новых собственников.

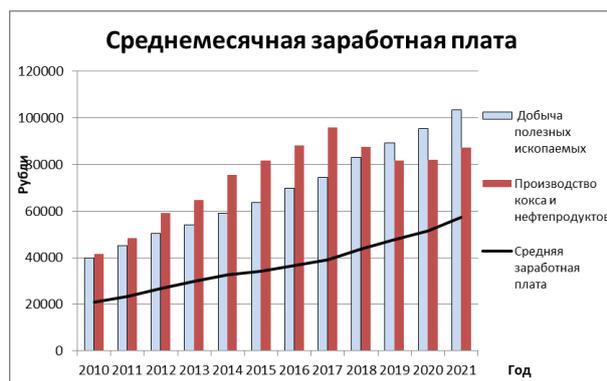


Рисунок 2.17 - Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников в РФ

в Самарской области с 2008 по 2020 годы составило 15,5 млн. тонн в год при среднесписочной численности сотрудников, задействованных в производстве

Характеристикой уровня производительности труда в отрасли может служить удельная выработка продукции. Среднегодовое количество нефти, поступившей на переработку в Самарской области с 2008 по 2020 годы, составляет 20,5 млн. т, а среднегодовое количество производства нефтепродуктов

нефтепродуктов, 11,1 тыс. чел, среди которых 33 % производственных специалистов и служащих.

Среднее число специалистов и служащих, задействованных при производстве нефтепродуктов, составило 3,7 тыс. человек. Среднее количество производства нефти, поступившей на переработку на одного специалиста в Самарской области составило 5574 тонны, а среднее количество производства нефтепродуктов на одного специалиста составило 4231 т.

Для сравнения в России в год на одного специалиста в среднем приходится 6560 т нефти, поступившей на переработку и 3773 т при производстве нефтепродуктов (бензин, дизельное топливо и топочный мазут) [122].

Среднемесячный доход работников в Российской Федерации в 2018 году составил 43724 рубля, в отраслях добычи полезных ископаемых специалисты в среднем получали по 83 тыс. рублей, а при производстве кокса и нефтепродуктов заработная плата в два раза выше средней по экономике и равна 87 тыс. рублей. На рисунок 2.17 представлен график среднемесячной номинальной начисленной заработной платы с 2010 по 2021 годы в России [171].

В настоящее время нефтяная отрасль является одной из немногих стабильных потребителей молодых кадров, причем она привлекает их не только постоянным наличием рабочих мест, но и высокими заработками.

Современный нефтяной комплекс имеет в своем составе крупные, энергоемкие предприятия с современными технологиями, высококвалифицированным персоналом, высоким уровнем автоматизации управления. Нефтяная промышленность состоит из цепи производственных процессов, объединенных между собой большим количеством связей. Укрупненно структуру нефтяного комплекса можно представить состоящей из следующих элементов: добыча и транспортировка сырой нефти; фракционная перегонка; химическая переработка; хранение продукции; распределение продукции.

Состав нефтяного комплекса Самарской области представлен на рисунке 2.18. В нефтяной комплекс входит нефтедобывающая промышленность (добыча и

транспортировка нефти и попутного нефтяного газа), нефтеперерабатывающая промышленность (производство бензина, керосина, дизельного топлива, мазута, смазочных масел и др.), химическая промышленность (переработка природного газа – (аммиак, азотные удобрения)), переработка полимерных материалов, товары бытовой химии) и т.д. В составе нефтедобывающей отрасли промышленности Самарской области добыча нефти и попутного нефтяного газа в основном сосредоточена в АО «Самаранефтегаз».

Нефтеперерабатывающая промышленность области представлена предприятиями, на которых производят бензины, дизельное топливо, сжиженные газы, различные виды топлива и др. Это АО «Куйбышевский нефтеперерабатывающий завод» (Куйбышевский НПЗ), АО «Новокуйбышевский нефтеперерабатывающий завод» (Новокуйбышевский НПЗ), АО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод» (Сызранский НПЗ) и ООО «Новокуйбышевский завод масел и присадок».



Рисунок 2.18 – Структура нефтяного комплекса Самарской области

Транспортировка нефти в основном сосредоточена на 5 предприятиях магистральных нефтепроводов. Связанные с нефтяной отраслью около 300 предприятий химической промышленности занимаются производством азотных удобрений,

аммиака и 70 предприятий – производством пластмассовых изделий [153].

Химические и нефтехимические предприятия размещены в различных районах Самарской области, что оказывает положительное влияние на равномерность экономического развития региона.

Одним из показателей, характеризующих уровень производства, является индекс продукции, который является относительным показателем и рассчитывается в процентах $I = (A/B) \cdot 100 \%$ к предыдущему году. Здесь А – текущий объем производства, В – объем производства прошлого периода.

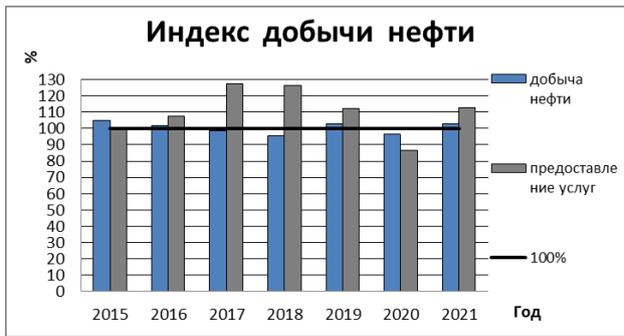


Рисунок 2.19 – Индекс промышленного производства по добыче полезных ископаемых в Самарской области

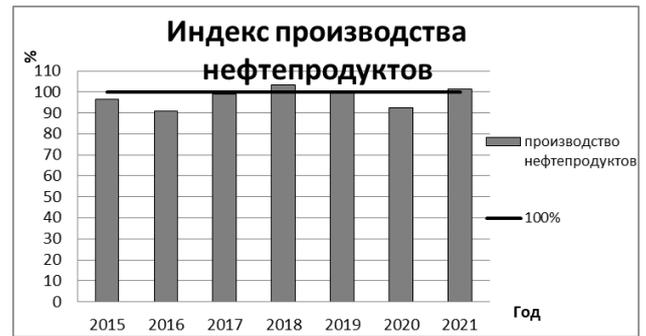


Рисунок 2.20 – Индекс производства нефтепродуктов в Самарской области

На рисунке 2.19 представлен график индекса промышленного производства по добыче полезных ископаемых. Индекс добычи сырой нефти в 2017 году составил 98,4 %, при этом объем отгруженных товаров по добыче нефти вырос на 13 % по сравнению с 2016 годом и стал равен 247138,7 млн. руб., а индекс добычи прочих полезных ископаемых в 2017 году составил 116 % при отгруженных товарах на сумму 2544,9 млн. руб., а индекс услуг в области добычи полезных ископаемых составил в 2017 году 127,2 % при отгруженных товарах на сумму 24060,9 млн. руб. Индекс добычи сырой нефти в 2021 году составил 102,7 %, при этом объем отгруженных товаров по добыче нефти стал равен 460112 млн. руб., а индекс услуг в области добычи полезных ископаемых равен в 2021 году 112,9 % при отгруженных товарах на сумму 30163,7 млн. руб. Рост этого индикатора обеспечивается в основном за счет добычи сырой нефти.

На рисунке 2.20 показана динамика индекса производства нефтепродуктов с 2015 по 2021 годы. Рисунок демонстрирует достаточно стабильную работу отрасли. Значение индекса держится на всем исследуемом периоде на отметке около 100 %.

Основной продукцией на нефтеперерабатывающих заводах Самарской области являются автомобильные бензины, керосин, дизельное топливо, топочный мазут. В таблице 2.2 представлены данные по производству кокса и нефтепродуктов (тыс. т) за 2005 - 2021 годы в Самарской области [140 -144].

Рассмотрим некоторые регламентные ключевые показатели, используемые для оценки различных отраслей, включая нефтяную промышленность (рисунок

2.21). Выделим следующие разделы: экономические показатели; социальные показатели; технологические показатели и материально-техническая база; показатели, определяющие производство, транспортировку и переработку нефти.

Таблица 2.2 – Производство нефтепродуктов

Показатель	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Нефть, поступившая на переработку	18807,4	19690,7	20398,4	20262,6	20440,9	20812,7
Бензин автомобильный	6018,7	6332	6436,4	6303,7	6433,4	6326,4
Топливо дизельное	3126,5	3235,7	3208,9	3021,8	3051,8	2932,4
Мазут топочный	5569	6150	6485,9	6707,8	7152,4	7809,3
Показатель	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Нефть, поступившая на переработку	20912,6	21107,4	22009	22173	21106	19744,2
Бензин автомобильный	6717,4	6354,7	6427	6581,3	6262,7	3252,5
Топливо дизельное	2863,6	2873,6	2996,7	3158,9	3329,4	5671,3
Мазут топочный	7173,3	6688,7	7174,9	7180,8	6830,7	5562,3
Показатель	2017	2018	2019	2020	2021	
Нефть, поступившая на переработку	19576,5	20066,0	19583,3	18183,8	18262,0	
Бензин автомобильный	3267,0	3315,6	3251,3	2923,7	3084,4	
Топливо дизельное	5777,4	6114,2	5885,1	5336,1	5422,6	
Мазут топочный	4874,5	4889,9	4891,6	4507,1	4513,1	



Рисунок 2.21 – Критерии оценки нефтяной отрасли

К экономическим показателям можно отнести следующие параметры (рисунок 2.21): количество отгруженных товаров собственного производства, выполнение работ и услуг собственными силами (млн. руб.); основные фонды на

конец года (млн. руб.); производство продукции (индекс производства продукции: % к предыдущему году); удельные затраты на рубль продукции (работ, услуг) (рублей).

На рисунке 2.22 представлен график выполнения работ и услуг собственными силами – добыча сырой нефти и природного газа; на рисунке 2.23 – количество отгруженных товаров собственного производства - производство нефтепродуктов (млн. руб.) в Самарской области.



Рисунок 2.22 – Выполнение работ и услуг собственными силами по добычи сырой нефти и природного газа

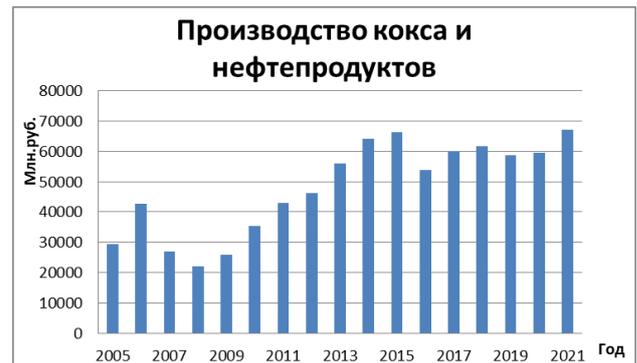


Рисунок 2.23 – Выполнение работ и услуг собственными силами по производству нефтепродуктов

Большой вклад в развитие экономики Самарского региона вносит нефтепереработка и добыча сырой нефти и природного газа. Добыча углеводородов (рисунок 2.22) обеспечивается в основном нефтяными компаниями ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Лукойл» и др. Ее уровень постоянно растет за счет улучшения технологии добычи, так как новых месторождений в Самарском регионе не разведано. Экономический кризис 2008 года незначительно отразился на темпах роста добычи сырой нефти и природного газа. На рассматриваемом интервале времени максимальное количество товаров – добытой нефти и газа по Самарской области наблюдается в 2021 году и оценивается в 460 млрд. руб.

Производство нефтепродуктов в Самарской области сосредоточено в основном на ведущих предприятиях: Новокуйбышевский НПЗ в городе Новокуйбышевске, Куйбышевский НПЗ в городе Самаре и Сызранский НПЗ в городе Сызрани, которые входят в состав Самарской группы нефтеперерабатывающих заводов ПАО НК «Роснефть». Кроме того, имеется еще порядка 80 более мелких предприятий, выпускающих нефтепродукты.

График на рисунке 2.23 демонстрирует динамику изменения отгруженных товаров собственного производства нефтепродуктов и кокса. Спад производства наблюдается в 2008 и в 2016 году, а после 2016 года наблюдается рост.

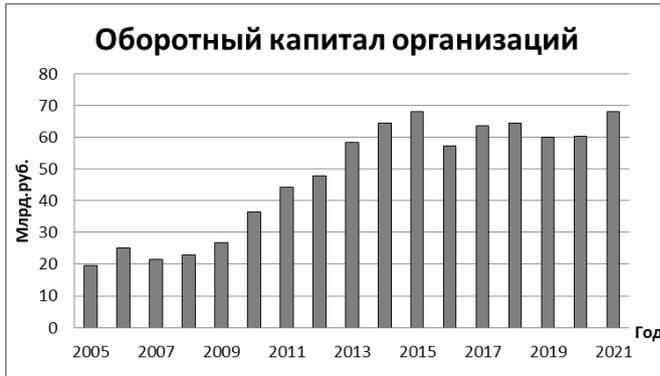


Рисунок 2.24 – Оборотный капитал организаций по производству нефтепродуктов

На рисунке 2.24 показана динамика оборотного капитала организаций по производству нефтепродуктов. В оборот организаций включается стоимость отгруженных товаров собственного производства, выполненных собственными силами работ и услуг, а

также выручка от продажи приобретенных на стороне товаров (без налога на добавленную стоимость, акцизов и других аналогичных обязательных платежей). Увеличение производства нефтепродуктов приводит к росту оборотных средств организации. В 2015 и 2021 годах достигнуто максимальное значение оборотного капитала – 68 млрд. руб.

Технологическими характеристиками нефтяной отрасли являются:

- удельный расход электроэнергии на производство продукции и работ (кВт·ч/т);
- удельный расход условного топлива на производство продукции (кг/т);
- основные фонды (млн. руб.) и степень их износа (%).

Удельный расход электроэнергии на переработку нефти определяется как отношение потребления электроэнергии к количеству продукции $W_{yo} = W / M$, где W – потребление энергии (кВт·ч); M – переработка нефти (т).

Удельный расход условного топлива на производство продукции (кг/т) на переработку нефти $B_{yc} = B / m$ рассчитывается как отношение количества израсходованного топлива B (кг) к массе груза m (т).

Удельный расход электроэнергии $W_{уд}$ на переработку нефти на всем периоде с 2005 по 2021 годы составляет 50-70 кВт·ч/т (рисунок 2.25), а удельный расход условного топлива – 80 - 110 кг/т (рисунок 2.26).

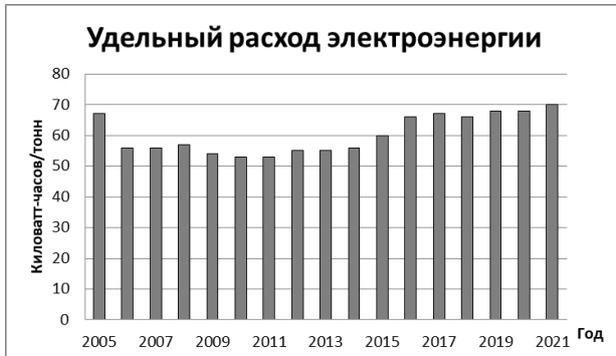


Рисунок 2.25 – Удельный расход электроэнергии



Рисунок 2.26 – Удельный расход условного топлива

Следует, однако, отметить, что с 2015 года удельный расход электроэнергии возрос до 70 кВт·ч/т по сравнению с удельным расходом условного топлива, что свидетельствует о повышении доли электропотребления при производстве нефтепродуктов в общем энергобалансе. Материально-техническую базу нефтехимического предприятия характеризуют основные фонды, как промышленно-производственные, так и непроизводственные, а также степень их износа.

Характеристиками производства нефтепродуктов, добычи, разработки и транспортировки нефти являются:

- среднегодовая производственная мощность нефти, поступившей на переработку (% от max);
- среднегодовая мощность выпуска нефтепродуктов и смазочного масла (% от max);
- среднегодовая мощность выпуска битума (% от max);
- количество нефти, поступившей на переработку (тыс. т);
- количество произведенных нефтепродуктов (тыс. т).

Величина производственной мощности определяется как максимально возможный фактический годовой выпуск продукции и выполняемых услуг при полном использовании оборудования и площадей.



Рисунок 2.27 – Среднегодовая производственная мощность нефти, поступившей на переработку



Рисунок 2.28 – Среднегодовая производственная мощность выпуска нефтяного смазочного масла и битума

Текущая среднегодовая производственная мощность сырья, поступившего на переработку, в процентах от максимальной, показана на рисунке 2.27 и в таблице 2.3, а среднегодовая производственная мощность выпуска нефтяного смазочного масла и битума – на рисунке 2.28.

Таблица 2.3 - Среднегодовая производственная мощность сырья

Среднегодовая мощность нефти, поступившей на переработку, %										
Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
%	72,9	74,3	77,6	82,9	83,2	83,6	85,3	85,8	89,2	
Год	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
%	89,6	83,2	80,5	78,3	78,3	76,8	72,6	71,8		

Из таблицы видно, что в среднем предприятия на 80% загружены относительно полного использования технологического оборудования и производственных мощностей (рисунки 2.27 и 2.28). Следует учесть, что 100 %-го использования производственных мощностей добиться не удастся, так как это возможно только в гипотетически идеальных условиях – отсутствие простоев, поломок, остановок оборудования и т. п. Однако низкий уровень среднегодовой производственной мощности требует корректировки технологического процесса для предприятия в целом, включая кадровое обеспечение.



Рисунок 2.29 - Нефть, поступившая на переработку



Рисунок 2.30 - Производство нефтепродуктов

С целью обобщенного анализа объединим в показатель «Производство нефтепродуктов» выпуск дизельного топлива, бензина и топочного мазута в Самарской области.



Рисунок 2.31 – Производство нефтепродуктов

В 2014 году для переработки в Самарской области (рисунок 2.29) было произведено 22173 тыс. тонн, а затем до 2017 года наблюдается снижение показателя (19576,5 тыс. тонн). Это связано с валютным курсом в 2014 и 2015 годах. При этом, аналогичная ситуация наблюдается и в производстве нефтепродуктов, произведенных в Самарской области (рисунок 2.30). В производстве нефтепродуктов в среднем 39% занимает производство топочного мазута и производство дизельного топлива и 20 % – бензина (рисунок 2.31).

В качестве индикаторов эффективности работы отрасли будем использовать показатели, установленные Росстатом [140 - 144], а именно, среднегодовую производственную мощность выпуска нефти для переработки, количество нефти, поступившей на переработку и производство нефтепродуктов в Самарской области.

Для обеспечения надежного и прогрессирующего функционирования региональной нефтяной отрасли как сложной инфраструктуры (см. рисунок 2.4) со сложной технологией (см. рисунок 2.1) необходимо обеспечение ее кадрами широкого круга специальностей, владеющих знаниями, навыками, компетенциями для различных направлений:

- аналитика, разведка – геологи, по исследованию, разведке;
- поисковое бурение и обустройство разведочных скважин – специалисты по бурению и обустройству, проектировщики;
- эксплуатационное бурение – проектировщики, специалисты по бурению, и обустройству;
- добыча, первичная подготовка – персонал по добыче, эксплуатации и ремонту скважин;

- транспортировка и хранение: персонал по первичной переработке, транспортировке, обслуживанию хранилищ;
- переработка: специалисты химических и нефтеперерабатывающих производств;
- на всех стадиях: транспортники, механики, электрики, энергетики, экономисты, персонал по информационным технологиям и системам управления, службы, контролирующие сырье и оборудование, инженеры по охране труда, большое количество сервисных специалистов и т. д., в соответствии со спецификой производства.

На каждой стадии производства в нефтяной отрасли используется дорогостоящее специальное оборудование. Обслуживать эту высокотехнологичную технику должны как узкоспециализированные в конкретном производстве технологи, так и специалисты широкого универсального профиля. В связи с вышесказанным актуальным является исследование связей отрасли добычи полезных ископаемых, нефтяного комплекса и кадровой политики в Самарской области.

Следует отметить, что на последнем этапе технологической цепочки переработка нефти сосредоточена на химических и нефтеперерабатывающих заводах, которые осуществляют процесс производства полуфабрикатов и конечных продуктов. Эти предприятия оснащаются наукоемкими технологическими процессами и оборудованием, которое должно обеспечивать глубокую переработку сырья при снижении себестоимости переработки.

На всех этапах нефтяного производства необходимы инновационные технологии, технический и инженерный персонал и т. д. В его подготовке ведущую роль играют высшие учебные заведения, которые специализируются на подготовке и переподготовке специалистов, в том числе преподавателей для средних специальных учебных заведений, и научных исследованиях, которые проводят научно-педагогические работники совместно со студентами. Данные исследования отражаются в научных публикациях, грантах и патентах, которые в дальнейшем используются на производстве.

2.4. Система высшего образования в России и за рубежом

С 2007 года в вузах России осуществляется двухуровневая подготовка студентов: бакалавриат или специалитет и магистратура. Исторически двухуровневая система степеней « Бакалавр (Bachelor) – Магистр (Master)» впервые появилась в университетах стран Европы в XII-XIII веках.

В начале 2022 года высшие учебные заведения можно было условно разделить на группы (рисунок 2.32).



Рисунок 2.32 – Классификация вузов в России

Московский и Санкт-Петербургский государственные университеты (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ), Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ)) – это крупные вузы России, обладающие особым статусом.

Федеральные университеты обеспечивают решение широкого круга проблем, связанных с образовательными задачами, с научной составляющей, потребностями экономики страны и подготовкой кадров для комплексного социально-экономического развития крупных регионов России.

В 2016 - 2017 годах в России появились опорные университеты, основная задача которых – подготовка кадров для региона, выпуск специалистов для предприятий региональной экономики.

Национальные исследовательские высшие учебные заведения обеспечивают не только подготовку кадров для удовлетворения федеральных и региональных потребностей, но и проводят научные исследования в ключевых отраслях науки.

В 2021 году Правительство Российской Федерации объявило о реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030». Данная программа создана для обеспечения вклада российских университетов в

достижение национальных целей развития Российской Федерации на период до 2030 года для повышения научно-образовательного потенциала университетов и научных организаций [121].

Представляется целесообразным в связи с различной целевой ориентацией дифференцировать методы оценки деятельности вузов ориентируясь в первую очередь на требования основного потребителя выпускников – работодателя, не ограничиваясь, конечно этими требованиями.

2.5. Системные взаимосвязи СамГТУ и нефтяного комплекса Самарской области

2.5.1. Структура взаимосвязи в комплексе «вуз – промышленная отрасль»

Рассмотрим структуру взаимосвязи крупного регионального вуза - СамГТУ и областных производственных комплексов на примере Самарской области (рисунок 2.33). К региональным секторам производства отнесем предприятия аграрного (АК), энергетического (ЭК), транспортного (ТрК), нефтегазового (НГК), ракетно-космического (РаК), машиностроительного (ПрК), военно-оборонного (ВОК) комплексов и др. Специалистов для всех этих отраслей готовит вуз. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России) определяет вузу стратегию, общий объем государственного финансирования и государственные образовательные стандарты.



Рисунок 2.33 – Обобщенная схема связей вуза и региональной инфраструктуры

От региона вуз получает дополнительное финансирование, плановые задания по качеству и количеству требуемых специалистов. Используя свой научный

потенциал, вуз не только обеспечивает кадрами предприятия области, но и участвует в модернизации производства путем выполнения научно-технических работ (НИР) по заданию предприятий, выполняет инициативные НИР, госбюджетные НИР и т. д., что в свою очередь влияет на качество подготовки кадров.

Согласно Федеральному закону № 273 – ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», число обучающихся по образовательным программам ВО определяется на основе контрольных цифр приема (КЦП) на обучение по научным специальностям за счет бюджетного ассигнования федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации и местных бюджетов [172].



Рисунок 2.34 – Финансирование вузов

Распределение КЦП ежегодно утверждается Минобрнауки России. При формировании объемов бюджетных мест существуют следующие три шага: определяются объемы КЦП на основе потребности экономики в подготовке кадров и целей национальных проектов; согласование объемов КЦП с отраслевыми министерствами и субъектами РФ; выделение объемов КЦП и согласованные объемы по направлениям по регионам.

Финансирование вуза происходит из основных трех источников, это – государственная субсидия, средства компаний и предприятий, которые оплачивают обучение, подготовку целевых студентов и личные средства граждан (рисунок 2.34). Кроме того, региональные предприятия платят налог на прибыль, НДС, налог, на имущество и др. Часть этих средств поступают в бюджет Самарской области. Все налоги поступают в бюджет РФ, который выделяет субсидии и дотации регионам, в том числе на нужды вузов.

В СамГТУ в 2021 году на очное обучение на 1 курс было зачислено 2103 абитуриента, 78,6 % которых финансировались из федерального бюджета, 4,8 % – в рамках целевого обучения и 16,6% – по договорам об оказании платных образовательных услуг.

В крупнейшей на территории Самарской области компании ПАО НК «Роснефть» функционирует единая корпоративная система подготовки кадров, которая обеспечивает профессионально-технический уровень компетентности сотрудников. Подготовкой персонала компания занимается как самостоятельно, так и совместно с учебными заведениями. Преподаватели СамГТУ обучают школьников «Роснефть-классов» углубленным предметам, таким как математика, физика, начертательная геометрия. Благодаря финансированию ПАО НК «Роснефть», в СамГТУ создан тренинговый центр для отработки практических навыков управления технологическими процессами нефтедобычи, лаборатории научно-исследовательских комплексов. Студенты вуза получают корпоративные и именные стипендии. Ежегодно около 300 студентов СамГТУ, проходят практику на предприятии с последующим трудоустройством.

В целом, региональный нефтяной комплекс для наиболее полного удовлетворения потребностям отрасли в специалистах может влиять на вузы за счет заключения договоров на целевую подготовку абитуриентов. Связи между университетом и нефтяным комплексом опираются на основные регламентные показатели деятельности вуза:

- выпуск студентов (чел.);
- практика и стажировки на предприятии во время учебы;
- участие студентов в научной работе, в том числе общее число научных публикаций (шт.);
- выполнение НИР по грантам (ед.);
- генерация объектов интеллектуальной собственности (ед.);
- уровень оценки вуза в международных рейтингах;
- международная деятельность вуза;
- дополнительное образование.

Рассмотрим каждый из этих показателей. Показатель «выпуск студентов» важен для обеспечения устойчивого развития отрасли, так как естественная ротация кадров, связанная с их старением, миграцией, с изменением места жительства, различных профессиональных изменений и т. п., приводит к

необходимости ежегодного их пополнения. Кроме того, ввод в эксплуатацию новой техники требует специалистов других профессиональных компетенций, что не всегда возможно с помощью переподготовки. Важную роль при этом имеет учебная практика и участие студента в научно-исследовательской работе. Во время практики студент практически осваивает новые технологии и получает навыки по будущей профессии.

При выполнении научно-исследовательских работ, проектов по НИР, отраслевым грантам студенты адаптируют свои теоретические знания к задачам предприятия. Участвуя в этих работах, выпускники получают навыки решения технических, технологических и инженерных работ. Показатель общего числа научных публикаций отражает степень внедрения и погружения выпускника в проблему отрасли, для которой его готовит вуз. При подготовке публикаций выпускник участвует в НИР и глубоко вникает в исследуемый вопрос, развивается как творческая личность. Показатель генерации объектов интеллектуальной собственности отражает инновационный уровень научных достижений вуза в интересах предприятий отрасли.

Место вуза в рейтинге Минобрнауки России влияет на дальнейшее федеральное финансирование вуза, его престиж среди абитуриентов, а значит уровень их исходной подготовки. Все эти обстоятельства повышают возможность вуза в увеличении регионального промышленного потенциала.

В ходе обучения в университете студенты имеют возможность получить дополнительное образование, например по иностранному языку, информационным технологиям или по экономическим профилям, что расширяет их профессиональные и общекультурные компетенции.

Международная деятельность вуза, обеспечивая возможность международного обмена опытом, разработки и внедрения новых технологий, овладения иностранным языком, участия в совместных научных проектах и т. д., существенно повышает уровень подготовки выпускников.

В России функционирует большое количество разнообразие высших учебных заведений, которые ведут подготовку кадров для различных отраслей

промышленности. Прием на бюджетные места в университеты проводятся по результатам ЕГЭ. Бюджетное финансирование вузов России, номенклатура специальностей, условия для научного и профессионального уровня компетенций и многое другое зависят от места вуза в рейтинге Минобрнауки России.

2.5.2. Мониторинг деятельности организаций высшего образования

Для оценки деятельности вузов существуют различные формализованные рейтинговые системы, такие как мониторинг высшего образования [60], рейтинг «Эксперт-РА»[128], Российский рейтинг вуза по среднему баллу ЕГЭ, проводимый НИУ ВШЭ и Яндекс [102], рейтинг лучших университетов мира QS[125] и др. При этом, как и любая формальная оценка, в каждой из этих рейтинговых системах не полностью отражается специфика многогранной деятельности вузов. Например, провинциальные и столичные вузы, технические и гуманитарные, научно-исследовательские и опорные вузы сильно отличаются друг от друга, что далеко не во всех рейтинговых системах находит отражение.

Опросы мониторинга деятельности вузов остаются актуальными для системы федеральных учреждений высшего образования. Департамент координации деятельности организаций высшего образования и Минобрнауки России использует методику, которая призвана оценить деятельность вузов. Методика анализа эффективности направлена на максимально возможную объективную оценку перспективных вузов и повышения качества обучения [99].

Мониторинг проводится с 2012 года. Данные мониторинга эффективности содержат 6 показателей, и по каждому из них проводится сравнение с его пороговым значением. С каждым годом методика мониторинга незначительно меняется.

Все высшие учебные заведения разделены на четыре группы: вузы Москвы; вузы Санкт-Петербурга; вузы, находящиеся в регионах с развитой экономикой и широкой сетью высших учебных заведений; остальные регионы.

Если высшее учебное заведение не выполняет три любых показателя, то вуз признается неэффективным и может быть либо реорганизован, либо объединен с эффективным вузом или совсем ликвидирован.

В 2021 году обследовано 1222 организации высшего образования, в том числе 530 филиалов, 10 федеральных университетов, 29 национальных исследовательских университетов, 21 участник проекта 5-100 [99]. Данные мониторинга публикуются годом позже, т. е. результаты мониторинга в 2021 году составлены по данным за 2020 год.

Раздел «Образовательная деятельность» состоит из следующих пунктов: средний балл ЕГЭ студентов, зачисленных в вуз; усредненный по реализуемым направлениям (специальностям) минимальный балл ЕГЭ студентов; удельный вес численности победителей и призеров заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников в общей численности студентов; удельный вес численности студентов, зачисленных по результатам целевого приема на первый курс на очную форму обучения, доля научно-педагогических работников (НПР), имеющих ученую степень кандидата и доктора наук, в общей численности НПР вуза и т. д.

Показатель «Научно-исследовательская деятельность» определяется следующими пунктами: количество цитирований в Web of Science/Scopus в расчете на 100 НПР; количество цитирований в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ) в расчете на 100 НПР; количество публикаций в Web of Science/Scopus в расчете на 100 НПР; общий объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), удельный вес численности молодых ученых (без ученой степени – до 30 лет, кандидаты наук – до 35 лет, доктора наук – до 40 лет) в общей численности НПР и т.д.

В разделе «Международная деятельность» оценивается: удельный вес численности иностранных студентов (кроме стран СНГ), завершивших освоение образовательной программы (ОП), в общем выпуске студентов (приведенный контингент); удельный вес численности иностранных студентов из стран СНГ, завершивших освоение ОП, в общем выпуске студентов (приведенный контингент); численность студентов зарубежных вузов, прошедших обучение в вузе по очной форме обучения на ОП не менее семестра (триместра), в расчете на

100 студентов (приведенного контингента); доходы вуза от выполнения НИОКР и образовательной деятельности из иностранных источников и т. д.

В разделе «Финансово-экономическая деятельность» оцениваются: доходы вуза из всех источников в расчете на одного НПП; отношение среднего заработка НПП в вузе (из всех источников) к средней заработной плате по экономике региона и доходы вуза из всех источников в расчете на численность студентов (приведенный контингент).

В разделе «Инфраструктура» учитываются следующие показатели: общая площадь учебно-лабораторных помещений в расчете на одного студента (приведенного контингента), количество персональных компьютеров в расчете на одного студента (приведенного контингента), доля стоимости современных (не старше 5 лет) машин и оборудования в вузе в общей стоимости машин и оборудования и т.д.

Таблица 2.4 – Результаты мониторинга

Наименование показателя	Пороговое значение	Показатель СамГТУ		
		2019	2020	2021
Год	2019	2019	2020	2021
Образовательная деятельность	60	64,49	66,86	66,29
Научно-исследовательская деятельность	70,1	556,81	736,42	390,48
Международная деятельность	1	2,52	2,73	3,23
Финансово-экономическая деятельность	1566,11	2981,65	3349,06	3668,65
Заработная плата ППС	255,13	255,13	260,12	251,06
Дополнительный показатель	2,87	3,81	3,75	3,7

Одним из важнейших показателем является «Трудоустройство». Он включает следующие пункты: удельный вес выпускников очной формы обучения, обратившихся за содействием в поиске подходящей работы; удельный вес выпускников очной формы обучения, обратившихся за содействием в поиске подходящей работы и признанных безработными и т. д.

Результаты мониторинга за 2019-2021 годы для СамГТУ представлены в таблице 2.4 [99]. СамГТУ с 2018 года улучшил все свои показатели:

образовательная деятельность – на 1,7 %, научно-исследовательская деятельность – на 32,1 %, международная деятельность – на 20 %, финансово-экономическая – на 21,8 %, заработная плата ППС – на 19 %. Только дополнительный показатель (сведения о спортивно-оздоровительной деятельности организации и о наличии кафедр русского языка и литературы) уменьшился на 9,9 %, он остается значительно выше порогового значения.

В 2021 году из-за пандемии по результатам мониторинга наблюдается снижение показателей по сравнению с 2020 годом: образовательная деятельность – на 0,9 %, научно-исследовательская деятельность – на 47 %, заработная плата ППС – на 3,5 %, дополнительный показатель – на 1,3 %. Показатели международная и финансово-экономическая деятельность увеличились на 18,3 % и 9,5 % соответственно.

Рейтинг российских вузов «Эксперт РА» отражает интегральную оценку качества подготовки выпускников. Он определяется не только параметрами образовательной и научно-исследовательской деятельности университетов, но и качественными характеристиками, отражающими мнение ключевых референтных групп: работодателей, представителей академических и научных кругов, а также студентов и выпускников вузов.

Сбор статистической информации проводится по результатам опросов с участием 4000 респондентов. В методике рейтинга учитывалось мнение представителей ведущих вузов России. По итогам анализа данных формируется итоговый список 100 лучших университетов страны [127].

Определение рейтингового функционала происходит на базе анализа следующих интегральных факторов:

- условия для получения качественного образования в вузе (вес 0,5);
- уровень востребованности работодателями выпускников вуза (вес 0,3);
- уровень научно-исследовательской деятельности вуза (вес 0,2).

Значение показателя «Качество образования в вузе» определяется по данным опроса академических кругов и анкет вузов следующим образом: уровень преподавания (оценка представителями академических кругов уровня

преподавания в университетах, численность и средний возраст штатных сотрудников профессорско-преподавательского состава); международная интеграция (оценка представителями академических кругов уровня международной интеграции университетов, доля иностранных студентов из стран вне СНГ); ресурсное обеспечение (объем финансовых средств в расчете на одного студента, объем расходов на доступ к международным электронным базам данных), востребованность среди абитуриентов (олимпиады, средний балл ЕГЭ).

Показатель «Уровень востребованности работодателями выпускников вуза» определяется по данным опросного листа для студентов и выпускников, опроса компаний-работодателей, анкеты вузов: качество карьеры выпускников (оценка студентами и выпускниками качества прикладных знаний и навыков, число выпускников, занимающих руководящие посты в государстве, т. д.); сотрудничество с работодателями (доля кафедр вуза, финансируемых компаниями-работодателями, доля студентов, обучающихся в текущем году по контракту с работодателем).

В последний рейтинговый фактор «Уровень научно-исследовательской активности вуза» входит следующий перечень критериев (на основании данных опроса академических кругов и научного сообщества, анкеты вузов): инновационная активность (объем бюджета, объем финансирования по грантам, выделенным вузу, т. д.); научные достижения (количество публикаций на одного сотрудника ППС, количество международных исследовательских программ и т. д.); инновационная инфраструктура.

2.5.3. Мониторинг трудоустройства выпускников

Минобрнауки России с 2013 года проводит мониторинг трудоустройства выпускников [104, 105]. Оценка результативности трудоустройства выпускников проводится по следующим показателям: доля трудоустройства выпускников; доля индивидуальных предпринимателей; география трудоустройства; уровень заработной платы.

Вузы заполняют Федеральный реестр документов об образовании и представляют сведения о выданных документах об образовании с информацией

по выпускникам (ФИО, дата рождения, пол). Затем полученные сведения проверяются и передаются в Пенсионный фонд Российской Федерации для обработки. Сотрудники Пенсионного фонда определяют СНИЛС выпускников, количество действующих предпринимателей среди выпускников и среднюю сумму выплат выпускникам. На последнем этапе проводится расчет доли трудоустройства для каждой образовательной организации в разрезе укрепленных групп специальностей.

В мониторинге за 2013 год приняло участие 933 вуза. Всего 9 вузов Российской Федерации показывают 100 % -ное трудоустройство выпускников. К ним относятся: Казанский государственный энергетический университет, Московский физико-технический университет, Пущинский государственный естественно-научный институт (Московская область), Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С. П. Королева, Брянская государственная сельскохозяйственная академия, Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, Волгоградская консерватория (институт) им. П.А. Серебрякова, Академический институт прикладной энергетики (Ханты-Мансийский автономный округ - Югра), Международный еврейский институт экономики, финансов и права (Москва). Например, у Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова трудоустройство выпускников за 2013 год составило 75 % и вуз занимал лишь 514 место.

Самарский государственный технический университет в 2013 году представил в Федеральный реестр документов об образовании данные о 2930 выпускниках, 30 человек продолжило обучение. Доля трудоустройства выпускников составляет 90 %. Вуз в общем рейтинге находится на 46 месте. В 2021 году в мониторинге представлены данные по 2230 выпускников по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры с долей трудоустройства 96,73% [98].

Рассмотрим подробно показатели трудоустройства после окончания СамГТУ по некоторым специальностям бакалавриата. В таблице 2.5 показано количество и доля трудоустроенных за 2013 и 2021 годы.

Таблица 2.5 - Специальности, количество выпускников, доля трудоустройства по некоторым специальностям бакалавриата в СамГТУ

Направление	Название	Годы			
		2013		2021	
		Кол-во выпускников, (чел.)	Доля трудоустр. (%)	Кол-во выпускников, (чел.)	Доля трудоустр. (%)
01.03.02	Математика и механика	13	100	21	100
04.03.01	Химия	20	80	9	100
07.03.01	Архитектура			89	96,63
08.03.01	Строительство			324	98,77
09.03.01 09.03.02 09.03.03 09.03.04	Информатика и вычислительная техника, информационные системы и технологии, прикладная информатика, программная инженерия	67	88	94	100
10.03.01	Информационная безопасность	18	89	19	100
11.03.01	Радиотехника			10	100
12.03.01	Приборостроение	39	97	14	100
13.03.01 13.03.02	Теплоэнергетика и теплотехника, электроэнергетика и электротехника	542	90	203	97,04
15.03.01	Машиностроение	278	91	31	100
18.03.01 19.03.01	Химическая технология и биотехнология, экология	277	89,8	68	95,6
20.03.01	Техносферная безопасность	26	81	27	100
21.03.01	Нефтегазовое дело	997	94	146	95,89
22.03.01	Металловедение и технология новых материалов	35	91	15	100
23.03.01 23.03.03	Технологии транспортных процессов, эксплуатация	87	92	22	100
27.03.04	Управление в технических системах	84	87	22	100
38.03.01 38.03.02 38.03.04	Экономика, менеджмент, управление	288	85	106	97,2
54.03.01	Дизайн			26	100

По результатам мониторинга за 2020/2021 учебный год из 2230 выпускников СамГТУ число трудоустроенных выпускников составило 2157 человека, что равно 96,73 %. В среднем по данным мониторинга 90 % выпускников СамГТУ работают по специальности, что свидетельствует об эффективном использовании бюджетных средств на высшее образование.

2.5.4. Российские и международные рейтинги в системе высшего образования

Достаточно известным среди международных рейтингов считается рейтинг репутации мировых вузов – ТОП-100. Рейтинг составляется влиятельным в сфере образования приложением британской газеты Times - Times Higher Education – при участии информационной группы Thomson Reuters и службы изучения общественного мнения Ipsos Media [126].

Таблица 2.6 - Рейтинг Times

Показатель	Вес, %
<i>Обучение (среда обучения)</i>	30
Академическая репутация университета, включая научную деятельность и качество образования (данные глобального экспертного опроса представителей международного академического сообщества).	15,0
Отношение профессорско-преподавательского состава (ППС) к численности обучающихся.	4,5
Отношение защищенных диссертаций к численности бакалавров	2,25
Средний размер зарплаты ППС	2,25
Отношение защищенных диссертаций к численности преподавательского состава.	6,0
<i>Научная деятельность (объем, доход и репутация)</i>	30
Научная репутация университета	18
Удельный объем финансирования исследовательской деятельности университета по отношению к численности ППС	6
Количество статей в Web of Science на одного ППС	6
<i>Цитируемость</i>	30
Общая цитируемость научных публикаций, нормализованная относительно разных областей исследований	30
<i>Инновационная деятельность</i>	2,5
Доходы университета от реального сектора экономики	2,5
<i>Международная деятельность (итаты, студенты, исследования)</i>	7,5
Отношение количества иностранных студентов к численности местных.	2,5
Отношение количества иностранных представителей ППС к численности местных.	2,5
Отношение опубликованных научных статей в соавторстве с иностранцами	2,5

Уровень достижений университетов оценивается на основании результатов комбинации статистического анализа их деятельности, а также результатов

ежегодного экспертного опроса представителей международного академического сообщества и работодателей. В ходе опросов эксперты выбирают из шести тысяч учреждений только лучшие высшие учебные заведения. Анализ деятельности высших учебных заведений складывается из 13 показателей.

Основными оценочными критериями служит международная студенческая и преподавательская мобильность, количество международных стипендиальных программ, уровень научных исследований, вклад в инновации, цитируемость научных статей, уровень образовательных услуг и т. д. Все оценки нормированы по максимуму и приведены к 100-балльной шкале. Ниже представлены количественные и качественные показатели, по которым проводится оценка деятельности университетов.

Существуют и другие методики и рейтинги для оценки вузов, например международный Академический Рейтинг Университетов Мира (The Academic Ranking of World Universities (ARWU)), в который входят лучшие 500 университетов [193], международный рейтинг британской консалтинговой компании Quacquarelli Symonds (QS World University Rankings) [195], QS Брикс [94, 196], ежегодный национальный рейтинг университетов [93] и др.

В рассмотренных методиках оценки эффективности выделим 4 основных раздела, по которым распределим пункты, встречающиеся в большинстве рейтингах (см. таблица 2.7): образовательная деятельность; научно-исследовательская деятельность; международная деятельность; трудоустройство.

В условиях постоянно меняющейся международной и экономической обстановки, очевидно, следует отдавать предпочтение Российским рейтингам при оценке деятельности вузов, координируя их показатели с международными рейтингами.

По мнению автора и в работах [33, 169], в рейтингах должны в наибольшей мере отражаться перспективы трудоустройства, уровень и глубина полученных студентом знаний, учебная работа, а весовые коэффициенты должны быть разделены в соответствии с таблицей 2.7.

Таблица 2.7 - Сравнение Российских и международных рейтингов по образованию

Основные разделы	Российские рейтинги		Международные рейтинги		
	Рейтинг «Эксперт РА»	Национальный рейтинг университетов	QS	ARWU	Рейтинг Times
Образовательная деятельность Весовой коэффициент 0,3	0,5	0,5	0,6	0,2	0,3
	качество образования в вузе	образовательная деятельность	академическая репутация	качество образования	обучение: среда обучения
		бренд вуза	соотношение числа студентов и преподавателей	производительность штатных преподавателей	
		социальная среда вуза			
Научно-исследовательская деятельность Весовой коэффициент 0,2	0,2	0,35	0,2	0,8	0,6
	уровень научно-исследовательской активности	исследовательская деятельность	уровень цитируемости публикаций	квалификация преподавателей	исследование: объем, доход и репутация
		инновации и предпринимательство		достижения в области научных исследований	цитаты: влияние исследования
Международная деятельность Весовой коэффициент 0,1		0,15	0,1		0,075
		международная деятельность	численность в вузе иностранных преподавателей		международная перспектива: штат, студенты и исследование
			численность в вузе иностранных студентов		
Уровень востребованности работодателями Весовой коэффициент 0,4	0,3		0,1		0,025
	уровень востребованности работодателями		репутация среди работодателей		промышленный доход: инновации

В таблице 2.8 представлены места СамГТУ в различных рейтингах вузов за 2021 год [41].

Таблица 2.8 – Рейтинги СамГТУ

Рейтинг					
Зарубежный			Российский		
Название	Кол-во мест	Место СамГТУ	Название	Кол-во мест	Место СамГТУ
Times Higher Education World University Rankings	60 вузов России	24	Национальный рейтинг университетов «ИНТЕРФАКС»	341 вуз России	62-63
Рейтинг университетов мира 4 International Colleges & Universities	374 вузов России	85	Ежегодный рейтинг вузов России «Эксперт РА»	100 вузов России	67
Worldwide Professional University Rankings RankPro	41 вуз России	27	Рейтинг вузов при поддержке РАНХИГС	709 вузов России	362
ARES Academic Ranking of World Universities-European Standard	278 вузов России	49	Рейтинг вузов по инженерно-техническому направлению	70 вузов России	42
Webometrics Ranking of World Universities	1058 вузов России	61			
QS University Rankings: EECA	450 вузов мира	301-350			
UI GreenMetric World University Ranking	54 вуза России	25			

В 2020 году СамГТУ был впервые включен в список 17-го ежегодного рейтинга лучших университетов мира британского издания Times Higher Education (THE). В рейтинг вошли 1527 учебных заведений из 93 стран мира.

По результатам ежегодного рейтинга вузов России «Эксперт РА», СамГТУ с 2015 по 2022 годы занимал минимально 49, а максимально 70 место в рейтинге.

Согласно предметному рейтингу по направлению Нефтегазовое дело за 2022 год, СамГТУ входит в рейтинг с показателем 51.95 и занимает 12 место [119].

2.6. Статистические показатели деятельности СамГТУ

Проанализируем нормативные статистические данные СамГТУ, входящие в рейтинговые показатели.

На графиках, представленных на рисунках 2.35-2.42, показана динамика семи основных исходных данных СамГТУ: K_1 – общий объем бюджетных средств университета (тыс. руб.); K_2 – общий объем средств СамГТУ (тыс. руб.); K_3 – затраты на НИОКР, включающие бюджет научно-исследовательской части (НИЧ) вуза (тыс. руб.); L_1 – общее количество студентов, принятых в вуз (чел.); L_2 – общее количество студентов, принятых на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг (коммерческие студенты) на 1 курс (чел.); L_3 – общая численность работников вуза (чел.); L_4 – общая численность работников вуза с учеными степенями доктора и кандидата наук (чел.) по отчетным статистическим данным СамГТУ с 2008 по 2021 годы.

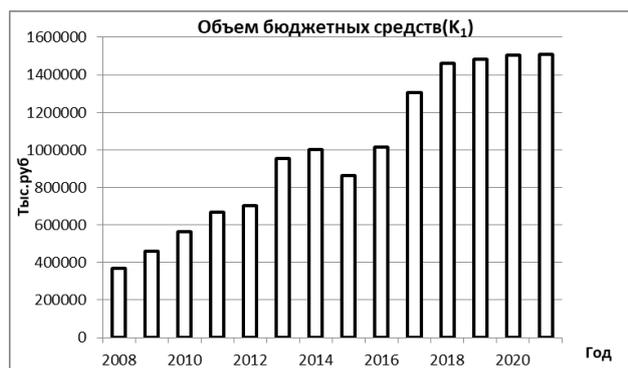


Рисунок 2.35 – Общий объем бюджетных средств (K_1 , тыс. руб.)

Бюджетное финансирование поступает из федерального и местного бюджета. Из федерального бюджета в СамГТУ поступает около 96 % средств, а из местного бюджета – 4%. Как видно из данных, представленных на рисунке 2.35, общий объем бюджетных средств K_1 в

университете растёт с 2008 до 2014 года, в 2015 году происходит спад относительно 2014 года и далее можно отметить существенный рост. Спад можно объяснить общим кризисом в стране и соответствующим снижением затрат из государственного бюджета на образование, а придание статуса опорного университета в 2017 году позволило вузу получать большее финансирование из федерального бюджета.

На рисунке 2.36 приведен график общего объема средств вуза K_2 (тыс. руб.). При росте экономики страны, возможно, с некоторым запаздыванием,

объем финансирования университета, как бюджетный, так и общий, увеличивается на всем периоде наблюдения.



Рисунок 2.36 – Общий объем средств СамГТУ (K₂, тыс. руб.)

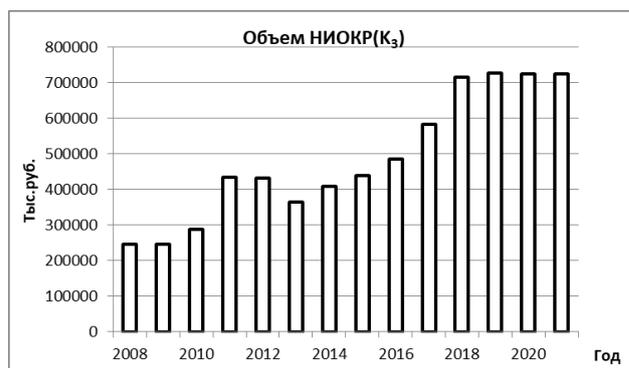


Рисунок 2.37 – Затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ СамГТУ (K₃, тыс. руб.)

СамГТУ обладает богатой исследовательской базой и оснащен современной аппаратурой для научных работ. Затраты на НИОКР, направленные на научные исследования, складываются из финансирования Минобрнауки России, из государственных и негосударственных фондов поддержки научной и инновационной деятельности, собственных средств вуза, спонсорской помощи и других источников.

График затрат на НИОКР K₃ имеет неравномерный вид (рисунок 2.37). До 2011 года наблюдается рост показателя, и в 2012 году он остается на том же уровне, в 2013 году наблюдается тенденция спада на 14 % по сравнению с 2012 годом, а далее до 2018 года снова повышение показателя, это объясняется конъюнктурой рынка НИОКР.

В Самарской области в 2018 – 2019 учебном году 90810 человек обучалось в 18 государственных образовательных учреждениях высшего образования Самарской области и 6110 человек в 11 негосударственных учреждениях [147]. В 2019 – 2020 учебном году в 24 вузах Самарской области обучалось 94567 человек, из которых в 16 государственных образовательных учреждений высшего образования Самарской области обучалось 88447 студентов, а в 8 негосударственных вузах проходили обучение 6120 человек [148].

В таблице 2.9 представлено количество выпускников, принявших участие в Государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования в формате ЕГЭ.

Таблица 2.9 - Количество участников сдававших ЕГЭ в Самарской области

Год	2017	2018	2019	2020
Количество выпускников (чел.)	13583	13853	14280	13693
Количество выпускников текущего года (чел.)	12796	13051	13409	12982
Не получившие аттестаты (%)	1,1	1,5	1,9	0,6



Рисунок 2.38 – Количество родившихся детей в Самарской области

Преведенный на рисунке 2.38 график родившихся детей в Самарской области, в дальнейшем существенно определяет прием абитуриентов и выпуск специалистов вузами через 4 - 5 лет после поступления в зависимости от формы обучения. По графику наблюдается рост показателя с 1999

года, и родившиеся в 2000 году дети поступают в вуз в 2018 году и при сроке обучения на бакалавриате в течение 4 лет окончат вуз в 2024 году [140-144, 161].



Рисунок 2.39 – Прием студентов в СамГТУ (L_1 , чел.)



Рисунок 2.40 – Общее количество студентов, принятых на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг (L_2 , чел.)

Увеличение количества абитуриентов составило 165 % за весь анализируемый период (см. рисунок 2.39). Во первых, в 2017 году к СамГТУ был присоединен Самарский государственный архитектурно-строительный университет, а во вторых, большое влияние оказывает улучшающаяся демографическая ситуация в России. Около 4600 человек поступило в вуз в 2018

году, из которых на очную форму обучение поступило 61 %. На бакалавриат поступает около 66 % абитуриентов, на специалитет – 22 %, а в магистратуру идет учиться около 12 % абитуриентов.

График общего количества студентов, принятых на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг L_2 , имеет неравномерный вид: характерны периоды подъема и спада. На рассматриваемом интервале максимальное количество коммерческих студентов L_2 принято в вуз в 2013 году и составляет порядка 3000 человек (см. рисунок 2.40). В 2014 году снижается количество коммерческих студентов L_2 на 40 % по сравнению с 2013 годом. После 2014 года и до настоящего времени наблюдается благоприятная для университета ситуация. Это связано отчасти с открытием новых направлений обучения на коммерческой основе в институте нефтегазовых технологий, институте инженерно-экономического и гуманитарного образования и на теплоэнергетическом факультете, а также с общей демографической ситуацией.



Рисунок 2.41 – Общая численность работников СамГТУ (L_3 , чел.)



Рисунок 2.42 – Численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук (L_4 , чел.)

В период с 2008 по 2010 годы численность работников СамГТУ L_3 незначительно растет в среднем на 6 % в год, с 2010 до 2013 годы уменьшается в среднем на 5 % в год, а затем после 2013 года до 2016 года наблюдается увеличение численности сотрудников на 22 % в год (рисунок 2.41). В 2017 и 2018 годах среднее количество работников СамГТУ составляет около 3300 человек, а в 2020 и 2021 годах – 2600. Общее устойчивое развитие университета и увеличение контингента студентов позволяет решать кадровую проблему путем подготовки и привлечения специалистов высокой квалификации.

В 2018 году численность работников СамГТУ L_3 составила 3334 человека, из которых руководящий состав составляет 16 человек (0,5 %), работники вуза, реализующие функции высшего и дополнительного образования – 92 %, в том числе - профессорско-преподавательский состав (ППС) – 1157 человек или 35 %, руководители структурных подразделений – 329 человек, административно-хозяйственный и прочий обслуживающий персонал – 47 % или 1587 человек, 228 человек задействованы в сфере научных исследований и разработок.

Таблица 2.10 - Профессиональные квалификационные группы должностей

№	Профессиональные квалификационные группы должностей	Численность работников, чел.	%
1	Руководители вуза	16	0,5
2	Руководители структурных подразделений	329	10
3	Профессорско-преподавательский состав	1157	35
4	Административно-хозяйственный и прочий обслуживающий персонал	1587	47
5	Работники сферы научных исследований и разработок	228	7
6	Категории работников иных профессиональных квалификационных групп должностей	17	0,5
7	ИТОГО	3334	100

Как видно из данных, представленных на рисунке 2.42, график численности работников с учеными степенями доктора и кандидата наук L_4 имеет достаточно равномерный характер с некоторым ростом к концу 2016 года. В 2008 и 2009 годах количество работников с учеными степенями доктора и кандидата наук L_4 сохраняется почти на одинаковом уровне, около 640 человек. В 2010 году количество работников L_4 увеличилось до 680, а в 2011 году уменьшилось до уровня 2008 года и до 2013 года наблюдается увеличение численности работников на 6 % в год. Затем происходит резкое увеличение количества работников с учеными степенями L_4 до 870 человек в 2016 году. С 2017 и до 2020 годы показатель L_4 держится на уровне 850 человек, что подтверждает эффективность кадровой политики университета. В 2017 году работников, имеющих ученую степень доктора наук, было 156 человек, степень кандидата наук – 779 человек, тогда как в 2018 году докторов наук стало 155 человек, а кандидатов наук уменьшилось почти на 5 % и составило 742 человека.

Проанализируем динамику показателей выходных характеристик вуза: выпуск студентов – S , чел., общее число научных публикаций – P , шт., выполнение НИР по грантам – G , ед. и генерация объектов интеллектуальной собственности – I , ед. в период с 2008 по 2021 годы по статистике СамГТУ.



Рисунок 2.43 – Выпуск студентов (S , чел.)



Рисунок 2.44 – Общее число научных публикаций СамГТУ (P , шт.)

Как видно из данных, представленных на рисунке 2.43, в период с 2008 по 2010 годы наблюдается рост выпуска студентов СамГТУ (S). Существенный спад выпуска студентов характерен для периода с 2010 по 2013 годы, что обусловлено общим демографическим спадом. Однако уже с 2013 по 2016 годы наблюдается рост численности выпускников в 1,8 раза относительно 2013 года, а затем остается почти на том же уровне, порядка 5250 человек. В 2020 году выпуск студентов S в СамГТУ составил около 5000 человек.

На рисунке 2.44 представлены данные по общему числу научных публикаций СамГТУ (P) в период с 2008 по 2021 годы. Как видно из рисунка, в анализируемом периоде прослеживается рост публикационной активности университета P . Публикационная активность в СамГТУ по сравнению с 2008 годом увеличивается к 2016 году в 4 раза. Число публикаций в вузе растет и в 2018 году составляет уже 4036, из которых, сотрудниками и студентами вуза за 2018 год опубликовано 194 публикации, индексируемые в базе данных Web of Science, 343 статьи в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus, 2207 публикации включены в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и 568 статей в российских научных журналах включены в перечень ВАК.

В 2017 году студенты СамГТУ подготовили 2743 доклада на конференции и опубликовали 1565 статей, из которых 4 издано за рубежом и 637 без соавторства работников вуза. В 2018 году студенты вуза представили уже на 1,5

% больше докладов на научных конференциях – 2782, в том числе 805 из них приняли участие в международных и всероссийских конференциях. 1299 публикации опубликованы студентами вуза, из них 5 статей издано за рубежом и 856 статей без соавторства преподавателей вуза.

На рисунке 2.45 представлены данные по выполнению НИР по грантам G в СамГТУ в период с 2008 по 2021 годы.



Рисунок 2.45 – Выполнение НИР по грантам СамГТУ (G , ед.)



Рисунок 2.46 – Генерация объектов интеллектуальной собственности (I , ед.)

Как видно из данных, представленных на рисунке 2.45, рост объёмов НИР по грантам G в СамГТУ составил 305 % с 19 ед. в 2008 году до 58 ед. в 2015 году. В 2013 и 2016 годах наблюдается падение этого показателя. Наибольший спад характерен для 2013 года, когда значения параметра уменьшились в 2,6 раза по сравнению с предыдущим периодом. В периоды с 2008 по 2012 и с 2013 по 2015 годы наблюдается рост количества выполненных НИР по грантам G в 2,9 раза относительно начала локальных периодов роста.

На рисунке 2.46 приведены данные по генерации объектов интеллектуальной собственности в СамГТУ (I) в период с 2008 по 2020 годы. Как видно из рисунка, рост объёмов генерации объектов интеллектуальной собственности в СамГТУ составил 400 % – с 22 ед. в 2008 году до 87 ед. в 2013 году. Динамика этого показателя характеризуется двумя периодами роста: с 2008 по 2009 и с 2011 по 2013 годы. Также характерны и два периода существенного спада: с 2009 по 2011 годов на 7 единиц, а с 2013 по 2016 - в два раза.

2.7. Выводы по второй главе

1. Российская Федерация, обладая большими запасами нефти, занимает лидирующую позицию по запасам природных ресурсов в мире. Нефтяные месторождения расположены по всей стране: Западная Сибирь, Тюмень, Сургут, Ханта-Мансийский и Приволжский округа и др. Самарская область также обладает запасами нефти. В области работает большое количество предприятий, занимающихся добычей нефти, транспортировкой, переработкой, хранением и сбытом нефтепродуктов.

2. Качество работы нефтяной отрасли Самарской области достаточно полно оценивается официальными статистическими индикаторами, основными из которых можно считать: среднегодовую производственную мощность выпуска нефти, поступившей на переработку, количество нефти, поступившей на переработку, и объем производства нефтепродуктов (дизельного топлива, бензина и топочного мазута) в Самарской области.

3. В результате анализа функционирования нефтяной отрасли Самарской области выявлены основные факторы, которые существенно влияют на региональную нефтяную промышленность: запасы нефти, стоимость нефти, курс валюты, инфляция, оборудование, государственная политика и экономика, спрос и сбыт, наличие кадров и специалистов, работающих в отрасли, и подготовка новых кадров и т. д.

4. Подготовка кадров для нефтяной промышленности – один из важнейших и управляемых факторов ее эффективности. Из-за сложности и разнообразия процессов добычи, разведки, транспортировки, переработки и хранения нефти, отрасль нуждается в большом количестве специалистов различного профиля вузовской подготовки: геологах, проектировщиках, специалистах по исследованию, разведке, обустройству и ремонту скважин, персонале по эксплуатации и добыче, персонале по первичной переработке, транспортировке, обслуживанию хранилищ, специалистах химических и нефтеперерабатывающих производств, транспортниках, механиках, энергетиках,

персонале по информационным технологиям и системам управления, большом количестве сервисных специалистов и т. д.

5. Кадровое обеспечение отрасли вузом в настоящее время организуется на основе удовлетворения отраслевых заявок, отражающих существующий уровень развития отрасли. Это может препятствовать кадровому обеспечению перспективных наукоемких направлений развития отрасли. Однако устойчивость производства поддерживается кадровым обеспечением текущей потребности. Рациональное соотношение этих компонентов при подготовке кадров для нефтяного кластера вузом можно обеспечить математическим моделированием и управлением на основе прогноза.

6. Для эффективного удовлетворения требованиями к кадрам нефтяного комплекса используются следующие основные показатели деятельности регионального вуза (СамГТУ) Самарской области: выпуск студентов СамГТУ (чел.) S и участие студентов в научной работе, в том числе общее число научных публикаций (шт.) P , выполнение научно-технических работ (НИР) по грантам (ед.) G и генерацию объектов интеллектуальной собственности (ед.) I .

3. РЕГРЕССИОННЫЕ СТЕПЕННЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСА «РЕГИОНАЛЬНЫЙ ВУЗ - НЕФТЯНОЙ КЛАСТЕР»

3.1. Математическое моделирование влияния кадрового потенциала на состояние нефтяной отрасли Самарской области

Анализ состояния исследований проблемы взаимосвязи отраслевой промышленности и высшего профессионального образования показал, что хотя проблема достаточно исследована, но системного исследования этой проблемы, включающего математическое моделирование влияния кадрового обеспечения на эффективность функционирования нефтяной отрасли, в публикациях не обнаружено (см. Главу 1). Предлагается методика системного анализа влияния кадрового потенциала на эффективность региональной нефтяной промышленности. Методика 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.

Для анализа взаимодействия нефтяной отрасли и структуры высшего образования в диссертации разработана система функционально ориентированных на использование в АСУП регрессионных степенных мультипликативных многофакторных математических моделей (СМММ), отражающих существенные причинно-следственные связи кадрового обеспечения регионального производственного комплекса «вуз-нефтяной кластер». В эконометрике такие многофакторные модели хорошо изучены и получили название производственных функций (ПФ) Кобба-Дугласа (КД). Идентификация этих моделей в диссертации осуществляется на основе статистики функционирования нефтяного производства и профильного вуза. Базовую математическую модель построим в форме СМФ (неоднородной ПФ КД). Выбор этой формы для моделирования комплекса «вуз-нефтяной кластер» объясняется сочетанием хороших аппроксимативных свойств в силу ее нелинейности и возможностей использования мощного оценочного аппарата линейного регрессионного анализа, так как в логарифмической шкале эта модель принимает линейный вид [73].

3.2. Степенные мультипликативные многофакторные математические модели комплекса «вуз-нефтяной кластер»

Широко распространенная в регрессионном моделировании степенная мультифакторная математическая модель (СМММ) [43, 73, 114] имеет вид:

$$z_m = A_m \prod_{n=1}^{\hat{I}} x_{nm}^{\delta_{nm}}, \quad (3.1)$$

$$0 < x_{nm} < \infty, |\delta_{nm}| < \infty, x_{nm} \in R_n, \delta_{nm} \in R_n, \quad (3.2)$$

где x_{nm} – n -е входные переменные (факторы) m – й модели; A_m – масштабный коэффициент; z_m – выходная переменная; δ_{nm} – коэффициент эластичности (чувствительность) выходной переменной z_m к соответствующей n – ой входной переменной (входному фактору); \hat{I} – количество входных

переменных(входных факторов); Ψ – количество выходных переменных(моделей), $n = \overline{1, \hat{I}}$, $m = \overline{1, \Psi}$.

В СМММ (3.1) влияние научно-технического прогресса (НТП) учитывается с помощью введения множителя $e^{\gamma t}$, где параметр $\gamma (\gamma > 0)$ характеризует темп прироста продукции с учетом НТП и имеет вид:

$$z_m = A_m \prod_{n=1}^{\hat{I}} x_{nm}^{\delta_{nm}} e^{\gamma(t-t_0)}, \quad 0 < x_{nm} < \infty, \quad |\delta_{nm}| < \infty, \quad |\gamma| < \infty, \\ x_{nm} \in R_n, \quad \delta_{nm} \in R_n, \quad \gamma \in R, \quad (3.3)$$

где t – время; t_0 – начальный момент времени [43, 73].

Идентификация коэффициентов δ_{nm} , γ СМММ производится методом наименьших квадратов (МНК) после их логарифмирования, линеаризующего исходный вид СМФ (3.1) и (3.3) в линейное регрессионное уравнение и логарифмирования исходных данных.

$$\delta_{nm} = \arg \min_{\delta_{nm} \in R_n} \sum_{n=1}^{\hat{I}} (\ln \tilde{y} - \ln z_m)^2. \quad (3.4)$$

Возможно применение других методов идентификации: байесовского метода оценивания, метода максимального подобия и др. [43, 145].

В диссертации под входными характеристиками x_{nm} СМММ будем понимать факторы, с помощью которых можно целенаправленно управлять поведением таких сложных социотехнических объектов, как региональная нефтяная отрасль или региональный нефтяной вуз. Входные характеристики формируются внешней средой и определяют управляющее воздействие извне на объект. Под выходными характеристиками z_m понимаются величины, описывающие состояние объекта. Необходимым условием успешного статистического моделирования процессов с помощью СМММ является их относительно устойчивое и стабильное функционирование [43, 185].

Завершающим этапом моделирования является верификация, идентификация и оценка качества математических моделей, которая будет рассмотрена в разделе 3.5.

3.3. Общая характеристика производственных функций

Широкое распространение в качестве регрессионных моделей различных классов для анализа производственно-экономических систем получили производственные функции (ПФ), описывающие взаимосвязь между затратами различных ресурсов и эффективностью этих затрат:

$$F(Y, X, A) = 0. \quad (3.5)$$

Здесь X – вектор входных ресурсов; Y – вектор выходных величин – выпускаемых продуктов; A – вектор параметров производственной функции; F – оператор, описывающий базовые свойства и закономерности исследуемой экономической системы.

Модели в форме ПФ традиционно используются для анализа трудовых и капитальных ресурсов крупных и среднемасштабных производственных объектов, которые характеризуются устойчивым и стабильным функционированием.

ПФ представляет собой зависимость производственной деятельности предприятия, отрасли промышленности и т. п. от используемых ресурсов.

ПФ (3.5) можно записать в явной форме, разрешенной относительно вектора выходных величин:

$$Y = f(X, A), \quad (3.6)$$

где f – функция, описывающая зависимость выпуска продукции Y от входных ресурсов X , называется также функцией выпуска [43].

Выбор конкретного вида ПФ определяется исходным набором характеристик моделируемого объекта и целями исследования [57].

Производственные функции делятся на три основные группы: однофакторные, двухфакторные и многофакторные.

К однофакторным ПФ относятся следующие:

- линейная производственная функция $y = a_0 + a_1x$, которая обычно применяется для моделирования крупномасштабных систем, характеризует зависимость эффективности от величины затрат какого-либо ресурса, здесь a_0, a_1 – коэффициенты ПФ, x - вход, y - выход;

- параболическая производственная функция $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$, $a_0, a_1, a_2 > 0$ отражает процессы, которые характеризуются тем, что при росте затрат ресурса, их эффективность вначале возрастает до некоторой максимальной величины, а затем снижается до нуля;
- степенная производственная функция $y = ax^b$, $a, b > 0$ отражает неограниченное возрастание эффективности с увеличением затрат;
- показательная производственная функция $y = ab^x$, $a, b > 0$ отражает процессы, в которых с увеличением затрат ресурса эффективность также растет, стремясь, однако, при этом к определенному значению;
- гиперболическая производственная функция имеет вид $y = a + b/x$ и характеризуется тем, что с увеличением затрат ресурса, эффективность уменьшается (на практике не используется).

Примерами двухфакторных функций являются функции Леонтьева, Аллена, Кобба-Дугласа, Солоу, функция с постоянной эластичностью замещения (CES) [43, 73, 114].

Функция Леонтьева используется при моделировании мелкомасштабных или полностью автоматизированных процессов. При её использовании, в частности, не допускается отклонение от строго детерминированной технологической нормы ресурсов на единицу выпускаемой продукции и функция используется там, где между некоторыми ресурсами невозможно замещение. Если известен конечный спрос на продукт y_i , то из баланса спроса и предложения формируется система линейных уравнений, называемая моделью Леонтьева: $y = A \cdot \min\{x_1/a_1, x_2/a_2, \dots, x_n/a_n\}$, где x_n - входные ресурсы; y - вектор выходной величины; a_n - параметр производственной функции. Коэффициенты a_n выражают количество ресурса, необходимого для производства единицы продукции.

Функция Аллена $y = a_0x_1x_2 - a_1x_1^2 - a_2x_2^2$, $a_0, a_1, a_2 > 0$ применяется для анализа мелкомасштабных процессов с ограниченными возможностями

переработки ресурсов. Чаще всего она используется в ситуациях, когда чрезмерный рост факторов отрицательно воздействует на их эффективность.

Функция Солоу $y = (a_1x_1^{a_3} + a_2x_2^{a_4})^{a_5}$ используется при моделировании систем различных масштабов. Функция характеризуется тем, что величина процентного изменения предельной нормы замены факторов, вызванного увеличением любого фактора, не зависит от начального уровня факторов. Основным условием является зависимость нормы замещений от ресурсных пропорций.

Функция с постоянной эластичностью замещения факторов (функция CES) $y = (a_1x_1^{a_3} + a_2x_2^{a_3})^{a_4}$ применяется в случаях, когда отсутствует точная информация о степени взаимозаменяемости производственных факторов, но существует основание предполагать, что этот уровень существенно не изменяется при изменении объёмов вовлекаемых ресурсов, т. е. экономическая технология обладает определенной устойчивостью по отношению к пропорциям факторов. Функция может быть использована для моделирования систем различного уровня.

В 1928 году американские ученые - экономист Пол Дуглас и математик Чарльз Кобб совместно создали макроэкономическую модель, позволяющую оценить вклад различных факторов производства в увеличении объема производства или национального дохода. Наиболее простым и в то же время широко применяемым инструментом в практике экономического анализа является многофакторная производственная функция Кобба-Дугласа(ПФ КД):

$$y = Ax_1^{a_1}x_2^{a_2}, \quad (3.7)$$

где x_1, x_2 – входные факторы; a_1, a_2 – эластичности.

3.4. Оценка качества моделирования

Верификация регрессионных моделей проводится с использованием теории многомерного регрессионного анализа и содержит следующие этапы:

1. Оценка значимости коэффициентов регрессионного уравнения

Оценка статистической значимости коэффициентов регрессионного уравнения осуществляется на основе расчёта t -статистики [43]. Предполагается, что величины ошибок $\varepsilon_t = y_t - y_T$ – определяемые как разница между

действительным y_i и расчетным y_T значением выходной переменной, имеют распределение Стьюдента с $(T-n-1)$ степенями свободы. Тогда значения t -статистики для каждого i -го регрессионного коэффициента a_i рассчитываются по формуле $t = \frac{a_i}{S_{a_i}}$, где $S_{a_i} = \sqrt{D_{a_i}}$, а $D_{a_i} = S_{a_i}^2 = \frac{\sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2}{T-n-1} \cdot W_{ii}$, где $S_{a_i}^2$ – стандартное отклонение коэффициента a_i ; D_{a_i} – величина дисперсии значений a_i ; W_{ii} – диагональный элемент матрицы $(X^T \cdot X)^{-1}$; X – матрица исходных данных в уравнении, T – число наблюдений, $T \geq n+1$, $i \in [0, n]$; n – число коэффициентов множественной линейной регрессии. При 5 % - м уровне значимости и двусторонней альтернативной гипотезе, критическое значение t -статистики практически равняется двум ($t \approx 2$) при достаточно большом числе степеней свободы (не менее 8-10) [43].

При этом если значение t -статистики находится в диапазоне от 2 до 3, то значения коэффициентов регрессии признаются весьма значимыми, при значении больше 3 - свидетельствует о практической 100%-ной значимости коэффициента, а при значении t -статистики по модулю меньше единицы, полученные коэффициенты являются незначимыми [13, 43].

Общее объяснительное свойство уравнения линейной регрессии оценивается коэффициентом детерминации R^2 , являющимся квадратом коэффициента множественной корреляции рассчитывается по формуле (3.8):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2}{\sum_{t=1}^T (y_t - y_{cp})^2}, \quad (3.8)$$

где y_{cp} – среднее значение выходной переменной [36, 43, 51].

Коэффициент детерминации R^2 характеризует долю разброса (дисперсии) выходной переменной, объясненной с помощью регрессионной модели в общем разбросе (дисперсии). Если в (3.8) числитель и знаменатель вычитаемой из единицы дроби разделить на число наблюдений n , то получим выборочные

оценки остаточной дисперсии и дисперсии зависимой переменной y . Коэффициент R^2 меняется от 0 до 1, и если существует статистически значимая линейная связь между величинами x и y , то коэффициент R^2 близок к единице и соответственно меньше разница между исходными (действительными) и теоретическими (модельными) значениями.

Можно выделить следующие критические значения коэффициента детерминации R^2 [36, 43, 51]:

1. При $R^2 = 0$ теоретическое (модельное) значение становится равно среднему значению выходной переменной, т. е. $y_T = y_{cp}$ и связь между входной и выходной переменной отсутствует.
2. При $R^2 < 0,3$ наблюдается слабая связь между действительным и расчетным значением.
3. При коэффициенте детерминации $0,3 < R^2 < 0,7$ имеется уверенная связь между действительным и расчетным значением.
4. При коэффициенте детерминации $R^2 > 0,7$ существует сильная связь между действительным и расчетным значением.
5. При $R^2 = 1$, $y_T = y_t$ все наблюдаемые точки лежат на построенной теоретической (модельной) прямой и, следовательно, получаем функциональную зависимость.

Основной задачей статистического анализа, решаемой после определения основных (выборочных) характеристик и анализа одной выборки, является совместный анализ нескольких выборок. Важнейшим вопросом, возникающим при анализе двух выборок, является вопрос о наличии различий между выборками. Обычно для этого проводят проверку статистических гипотез о принадлежности обеих выборок одной генеральной совокупности или о равенстве средних.

Если вид распределения или функция распределения выборки заданы, то в этом случае задача оценки различий двух групп независимых наблюдений может решаться с использованием параметрических критериев статистики: либо

критерия Стьюдента (t), если сравнение выборок ведется по средним значениям (x_{cp} и y_{cp}), либо с использованием критерия Фишера (F), если сравнение выборок ведется по их дисперсиям.

В группу параметрических критериев методов математической статистики входят методы для вычисления описательных статистик, построения графиков на нормальность распределения, проверка гипотез о принадлежности двух выборок одной совокупности. Эти методы основываются на предположении о том, что распределение выборок подчиняется нормальному (гауссовому) закону распределения. Среди параметрических критериев статистики в диссертации использован критерий Фишера.

Использование параметрических критериев статистики без предварительной проверки вида распределения может привести к определенным ошибкам в ходе проверки рабочей гипотезы.

Для преодоления указанных трудностей в практике статистических исследований можно использовать непараметрические критерии статистики, такие, как критерий знаков, двухвыборочный критерий Вилкоксона, критерий Ван дер Вардена, критерий Спирмена, выбор которых, хотя и не требует большого числа членов выборки и знаний, вида распределения, но все равно зависит от целого ряда условий. Непараметрические критерии статистики - свободны от допущения о законе распределения выборок и базируются на предположении о независимости наблюдений.

Так как коэффициент детерминации R^2 (3.8) является в свою очередь случайной величиной, его статистическая значимость проверяется нулевой гипотезой для F -статистики Фишера [1, 36, 43]:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{T - n - 1}{n}, \quad (3.9)$$

т. е. проверка адекватности модели производится с помощью сравнения F -статистики Фишера с ее табличным значением. Если выполняется условие, что

$F_{расчетн} > F_{табличн}$ и расчетное значение получается больше табличного, то

построенная модель с достоверностью 99 % соответствует исходным данным и может быть использована для анализа ресурсов.

Смысл проверяемой нулевой гипотезы заключается в том, что если произошло событие, которое в случае верности данной гипотезы является маловероятным, то эта гипотеза отвергается.

В данном случае нулевая гипотеза предполагает равенство нулю коэффициента детерминации $R^2 = 0$.

Для распределения Фишера имеются таблицы критических значений для различных уровней значимости α и степеней свободы математической модели $\nu_1 = n$, $\nu_2 = T - n - 1$, где n – число оцениваемых параметров, а T – число наблюдений. Для проверки нулевой гипотезы по таблицам находится критическое значение F_{α, ν_1, ν_2} , и нулевая гипотеза отвергается, если $F > F_{\alpha, \nu_1, \nu_2}$.

2. Прогнозные свойства модели

Наличие сильной корреляционной зависимости между последовательными уровнями временного ряда в случайной, необъясненной регрессионной зависимостью компоненте выборки (автокорреляция остатков) свидетельствует о низком прогнозирующем качестве регрессионной модели [13, 51, 185].

Автокорреляция остатков может быть следствием следующих причин:

- Не учтен в модели существенный фактор, при этом его влияние отражается на величине отклонений, которые в этом случае показывают закономерность в изменении, связанную с изменением неучтенного фактора.
- В модели не учитывается несколько факторов, влияние каждого из которых в отдельности не существенно, но при совпадении изменений этих факторов по направлению и по фазе в отклонениях может возникнуть автокорреляция остатков.
- Автокорреляция остатков может появиться в случае, когда неправильно выбрана форма связи между входами и выходами.
- Неверно выбран порядок авторегрессионной модели.
- Вследствие специфичности внутренней структуры случайного компонента.

Для анализа автокорреляции первого порядка остатков временного ряда используется критерий Дарбина-Уотсона:

$$DW = \frac{\sum_{i=1}^{T-1} (\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^T \varepsilon_i^2}. \quad (3.10)$$

Удовлетворительная величина критерия Дарбина-Уотсона располагается в диапазоне $0 \leq DW \leq 4$. Если автокорреляции остатков нет, то значения критерия DW колеблются вокруг 2 и прогнозирующие свойства модели можно считать удовлетворительными, а неучтенные факторы модели несущественными [43, 134].

Недостатками критерия Дарбина-Уотсона является наличие области неопределенности критерия, а также то, что его критические значения определены для объемов выборки не менее 15. Тем не менее, тест Дарбина-Уотсона является наиболее употребляемым и будет использован в диссертации для оценки качества моделирования.

Для устранения влияния случайных выбросов статистических величин и выявления тенденций за достаточно продолжительный и кратковременный периоды, проводится сглаживание исходных данных на основе метода скользящего среднего. Число уровней сглаживания обычно принимается равным трём[1]:

$$\bar{x}_i = \begin{cases} \frac{x_1 + x_2}{2}, & i = 1 \\ \frac{x_{i-1} + x_i + x_{i+1}}{3}, & 2 \leq i \leq T - 1, \\ \frac{x_{T-1} + x_T}{2}, & i = T \end{cases} \quad (3.11)$$

где \bar{x}_i – сглаженное значение в точке i .

Чем больше интервал времени, тем более плавным будет сглаживание исходных данных, то тем менее точным будет описываться исходный ряд [94].

3.5. Регрессионные степенные модели кадрового обеспечения региональным вузом нефтяного кластера

Построим структуру СМММ, связывающих показатели подготовки кадров в крупном региональном вузе с индикаторами эффективности регионального нефтяного кластера Самарской области.

На первом этапе моделирования согласуем входные и выходные характеристики нефтяной отрасли и вуза. Входными величинами модели нефтяной отрасли будем считать показатели деятельности вуза, влияющие на нее, а выходными величинами – установленные Федеральной службой государственной статистики (Росстатом) показатели выпуска конечной продукции нефтяной промышленности в Самарской области [140-144].

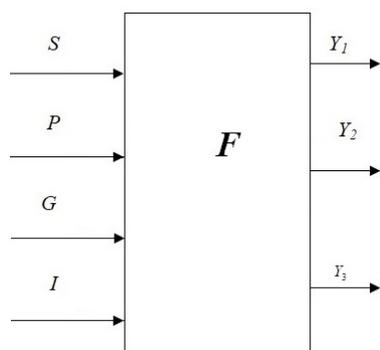


Рисунок 3.1 – Выходно-выходные характеристики регрессионной модели кадрового обеспечения региональным вузом нефтяного кластера

Для практического применения результатов моделирования следует использовать компоненты рейтинговых показателей вузов, рассмотренные в главе 2: выпуск студентов (S , чел.), общее число научных публикаций (P , шт.), выполнение НИР по грантам (G , ед.) и генерация объектов интеллектуальной собственности (I , ед.) (рисунок 3.1). Они отражают влияние системы образования на эффективность нефтяной

промышленности Самарской области. Отметим, что автором среди множества воздействий рассматриваются только факторы, влияющие на нефтяную промышленность Самарской области со стороны подготовки кадров в вузе.

В качестве выходных параметров нефтяной отрасли Самарской области в математических моделях будем рассматривать регламентированные Росстатом факторы: нефть, поступившая на переработку (Y_1 , тыс. т), среднегодовая производственная мощность нефти, поступившей на переработку (Y_2 , %) и производство нефтепродуктов (Y_3 , тыс. т). К производству нефтепродуктов

относится суммарное производство бензина, дизельного топлива и топочного мазута в Самарской области [140-144].

Для оценки чувствительности модельных решений к соответствующим ресурсам будем использовать следующие идентифицируемые факторные эластичности (чувствительность):

- χ - коэффициент эластичности для выпуска студентов S ,
- κ - коэффициент эластичности для общего числа научных публикаций P ,
- φ - коэффициент эластичности для выполнения НИР по грантам G ,
- ρ - коэффициент эластичности для генерации объектов интеллектуальной собственности I ,
- μ - коэффициент эластичности для фактора НТП.

Оценка качества моделирования производится по критериям Дарбина-Уотсона (DW), Фишера (F), коэффициенту детерминации (R^2).

Описание математических моделей нефтяной отрасли в виде неоднородной СМММ и СМММ с учетом НТП для k -го выхода y_k , $k = \overline{1,3}$, где $y_1 = Y_1$, $y_2 = Y_2$, $y_3 = Y_3$ имеет вид:

$$y_k(t) = A_k \cdot S(t)^{\chi_k} \cdot P(t)^{\kappa_k} \cdot G(t)^{\varphi_k} \cdot I(t)^{\rho_k}, \quad (3.12)$$

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

$$y_k(t) = A_k \cdot S(t)^{\chi_k} \cdot P(t)^{\kappa_k} \cdot G(t)^{\varphi_k} \cdot I(t)^{\rho_k} \cdot e^{\mu_k t}, \quad (3.13)$$

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

Идентификацию параметров

$$\begin{aligned} A_k \in (0, A_{\max}] \subset R_n, \chi_k \in [0, \chi_{\max}] \subset R_n, \kappa_k \in [0, \kappa_{\max}] \subset R_n, \varphi_k \in [0, \varphi_{\max}] \subset \\ \subset R_n, \rho_k \in [0, \rho_{\max}] \subset R_n \end{aligned} \quad (3.14)$$

будем осуществлять МНК. При этом область поиска (3.14) представляет собой замкнутое компактное множество действительных чисел. Решение на этом множестве задачи математического программирования

$$\hat{Y} = \frac{1}{T_{\max}} \int_0^{T_{\max}} \varepsilon_t^2 dt \rightarrow \min_{A_k, \chi_k, \kappa_k, \varphi_k, \rho_k} \hat{Y} \quad (3.15)$$

корректно.

Здесь T_{\max} – момент времени окончания статистической выборки; A_{\max} , χ_{\max} , κ_{\max} , φ_{\max} и ρ_{\max} – максимально возможные значения коэффициентов по соображению реализуемости.

При этом в силу сохранения монотонности, при операции логарифмирования, положение экстремумов сохраняется в этой области и при переходе к логарифмической шкале вида (3.3) и (3.4).

3.5.1. Математическая модель влияния индикаторов работы вуза на объем нефти, поступившей на переработку в Самарской области

Построим математическую модель в виде СМФ (3.12) по несглаженным и сглаженным данным и СМММ с учетом НТП (3.13):

$$Y_1(t) = A_1 \cdot S(t)^{\chi_1} \cdot P(t)^{\kappa_1} \cdot G(t)^{\varphi_1} \cdot I(t)^{\rho_1}, \quad (3.16)$$

$$Y_1(t) = A_1 \cdot S(t)^{\chi_1} \cdot P(t)^{\kappa_1} \cdot G(t)^{\varphi_1} \cdot I(t)^{\rho_1} \cdot e^{\mu_1 t}, \quad (3.17)$$

где Y_1 – объем нефти, поступивший на переработку (тыс. тонн), а $A_1 \in (0, A_{1\max}] \subset R_n$, $\chi_1 \in [0, \chi_{1\max}] \subset R_n$, $\kappa_1 \in [0, \kappa_{1\max}] \subset R_n$, $\varphi_1 \in [0, \varphi_{1\max}] \subset R_n$, $\rho_1 \in [0, \rho_{1\max}] \subset R_n$, $\mu_1 \in [0, \mu_{1\max}] \subset R_n$.

Таблица 3.1 - Характеристики математических моделей (3.16) и (3.17)

Эластичность	Количество нефти, поступившей на переработку			
	$Y_1(t)$			
	Несглаженная модель		Сглаженная модель	
	без учёта НТП (3.16)	с учётом НТП (3.17)	без учёта НТП(3.16)	с учётом НТП(3.17)
A_1	55651,117	60830,04	64134,249	20468,89
χ_1 - для фактора S	-0,146	-0,154	-0,167	-0,047
κ_1 - для фактора P	0,018	0,016	0,022	-0,006
φ_1 - для фактора G	-0,023	-0,023	-0,015	0,012
ρ_1 - для фактора I	0,042	0,038	0,033	0,114

μ_1 - для фактора НТП		0,001		-0,008
Качество моделирования				
Критерий Дарбина-Уотсона DW_1	1,92	1,975	0,963	1,596
Коэффициент детерминации R^2_1	0,936	0,936	0,943	0,949
Критерий Фишера F_1	22,085	14,847	24,6	18,439

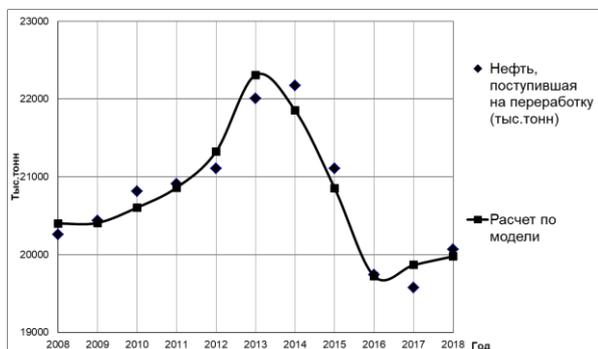


Рисунок 3.2 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.16)

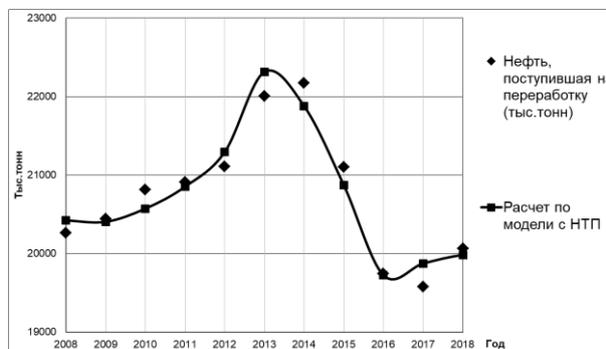


Рисунок 3.3 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.17)

По модели (3.16), представленной на рисунке 3.2, построенной в форме СМММ по несглаженным исходным данным, наибольшую факторную эластичность и влияние на объем нефти, поступившей на переработку Y_1 , оказывает выпуск студентов S и количество объектов интеллектуальной собственности I . Отрицательное значение эластичности для ряда факторов объясняется спецификой моделируемого процесса. Количество нефти, поступившей на переработку Y_1 , лимитируется производительностью нефтяных скважин, нефтеперерабатывающих предприятий, экономической конъюнктурой. Поэтому возможна ситуация, когда выпускников и исследования по грантам ориентируют на получение меньшего количества нефти более экономичными способами. При учете в модели фактора НТП (3.17) несколько возрастает R^2 , что свидетельствует о том, что качество аппроксимации несколько улучшается. Расчетное значение для критерия Дарбина-Уотсона $DW = 1,596$ по модели (3.17) при сравнении с табличным значением Дарбина-Уотсона (0,444; 2,283) показывает, что модель можно использовать для прогнозирования.

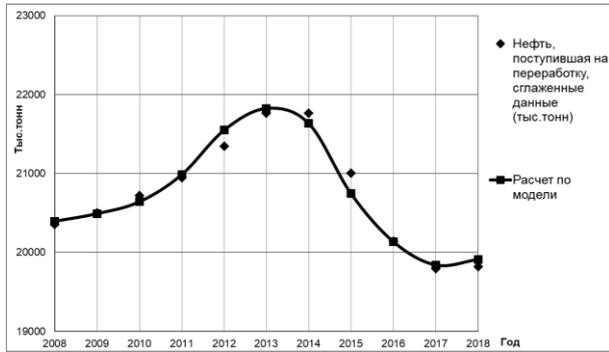


Рисунок 3.4 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.16), сглаженные данные

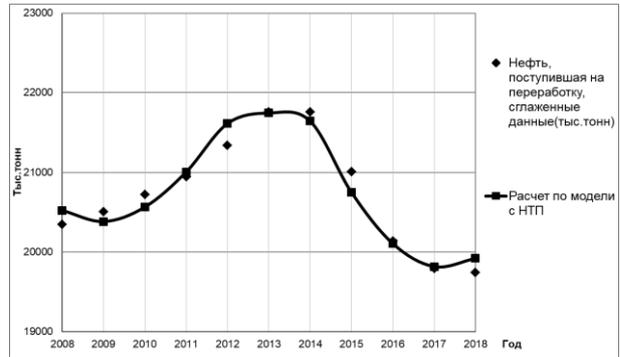


Рисунок 3.5 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.17), сглаженные данные

По модели (3.16) без учета НТП и по модели (3.17) с учетом НТП при сглаживании исходных данных наибольшую по модулю факторную эластичность имеет выпуск студентов S и генерация объектов интеллектуальной собственности I , что отражает его наибольшее влияние на количество нефти, поступившей на переработку Y_1 . Аппроксимативные и прогностические свойства моделей очень хорошие – значение R^2 составляет около 0,95, а критерий Дарбина-Уотсона DW в модели, построенной по сглаженным данным, составляет $DW = 1,596$.

В целом существенное различие эластичностей различных факторов, свидетельствует о необходимости дальнейшего анализа их значимости. Этот анализ возможно было бы провести с использованием критерия Стьюдента (раздел 3.2). Однако в силу того, что нам потребуется исследовать другие модели, регрессионные модели (3.1) и (3.2) не исчерпывают всего объема поставленных задач. Рассмотрим другие частные модели, а затем объединенную.

3.5.2. Математическая модель влияния индикаторов работы вуза на среднегодовую производственную мощность переработки нефти в Самарской области

Построим ряд математических моделей, показывающих взаимодействие показателей СамГТУ на среднегодовую производственную мощность переработки нефти в Самарской области Y_2 , в вариантах СМММ по формуле (3.12) и вариантах СМММ с учетом НТП по формуле (3.13), которые соответственно будут иметь вид (3.18) и (3.19):

$$Y_2(t) = A_2 \cdot S(t)^{\chi_2} \cdot P(t)^{\kappa_2} \cdot G(t)^{\varphi_2} \cdot I(t)^{\rho_2}, \quad (3.18)$$

$$Y_2(t) = A_2 \cdot S(t)^{\chi_2} \cdot P(t)^{\kappa_2} \cdot G(t)^{\varphi_2} \cdot I(t)^{\rho_2} \cdot e^{\mu_2 t}, \quad (3.19)$$

где Y_2 – среднегодовая производственная мощность переработки нефти(%),
 $A_2 \in (0, A_{2\max}] \subset R_n$, $\chi_2 \in [0, \chi_{2\max}] \subset R_n$, $\kappa_2 \in [0, \kappa_{2\max}] \subset R_n$, $\varphi_2 \in [0, \varphi_{2\max}] \subset R_n$,
 $\rho_2 \in [0, \rho_{2\max}] \subset R_n$, $\mu_2 \in [0, \mu_{2\max}] \subset R_n$.

Таблица 3.2 - Характеристики математических моделей (3.18) и (3.19)

Эластичность	Среднегодовая производственная мощность переработки нефти (%)			
	$Y_2(t)$			
	Несглаженная модель		Сглаженная модель	
	без учёта НТП (3.18)	с учётом НТП (3.19)	без учёта НТП (3.18)	с учётом НТП (3.19)
A_2	345,366	297,507	420,344	24,517
χ_2 - для фактора S	-0,188	-0,176	-0,206	0,07
κ_2 - для фактора P	0,02	0,024	-0,01	-0,01
φ_2 - для фактора G	-0,03	-0,029	0,01	0,014
ρ_2 - для фактора I	0,022	0,028	0,032	0,2
μ_2 - для фактора НТП		-0,002		-0,02
	Качество моделирования			
Критерий Дарбина-Уотсона DW_2	2,216	1,933	1,217	1,498
Коэффициент детерминации R^2_2	0,917	0,918	0,93	0,955
Критерий Фишера F_2	16,659	11,768	19,868	21,141

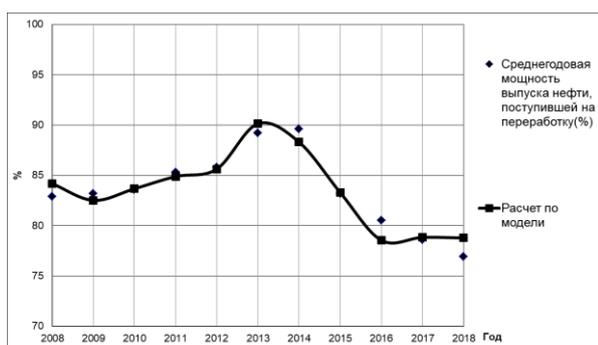


Рисунок 3.6 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.18)

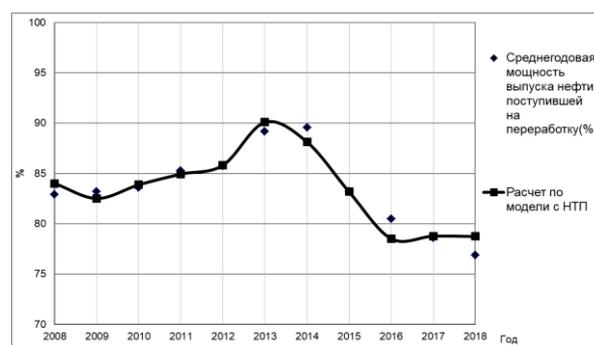


Рисунок 3.7 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.19)

Фактор выпуска студентов S оказывает наибольшее влияние на Y_2 . Качество аппроксимации моделей, построенных по несглаженным данным, очень хорошее, R^2 близок к 1 и равен 0,92. Полученные значения критерия Дарбина-Уотсона DW находятся в диапазоне около 2 и показывают низкую автокорреляцию.

Факторная эластичность χ_2 выпуска студентов S отражает наибольший вклад в среднегодовую производственную мощность нефти Y_2 . После сглаживания исходных данных, коэффициент детерминации R^2 увеличился по сравнению с моделями, построенными по несглаженным исходным данным. Следует отметить, что сравнительно малая по модулю эластичность μ_2 свидетельствует о возможности пренебречь фактором НТП в этой модели.

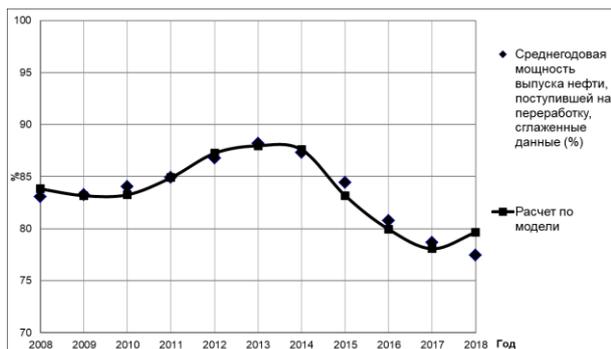


Рисунок 3.8 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.18), сглаженные данные

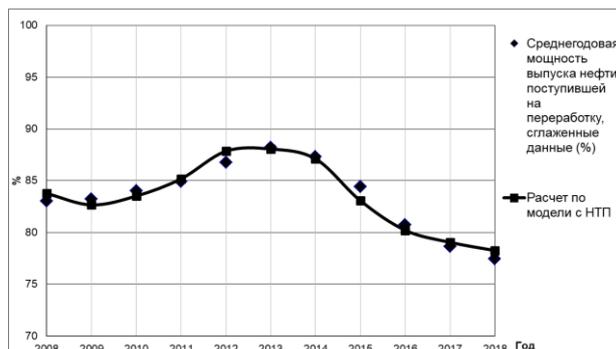


Рисунок 3.9 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.19), сглаженные данные

По полученным математическим моделям влияния индикаторов вуза на среднегодовую производственную мощность нефти, поступившей на переработку – Y_2 , можно сделать вывод, что так же, как и предыдущие модели (3.16) и (3.17), эта модель нуждается в корректировке из-за существенно различных по модулю и знаку эластичностей.

3.5.3. Математическая модель влияния индикаторов работы вуза на производство нефтепродуктов в Самарской области

На этом этапе построим математические модели, характеризующие воздействие индикаторов работы вуза на объем произведенных продуктов нефтепереработки: бензина, дизельного топлива и топочного мазута – Y_3 в виде СМММ по несглаженным и сглаженным данным (3.12) и СМММ с учетом НТП в виде (3.13). В качестве входных характеристик вуза используем те же параметры, которые использовали в моделях (3.16)-(3.19):

$$Y_3(t) = A_3 \cdot S(t)^{\chi_3} \cdot P(t)^{\kappa_3} \cdot G(t)^{\rho_3} \cdot I(t)^{\rho_3}, \quad (3.20)$$

$$Y_3(t) = A_3 \cdot S(t)^{\chi_3} \cdot P(t)^{\kappa_3} \cdot G(t)^{\rho_3} \cdot I(t)^{\rho_3} \cdot e^{\mu_3 t}, \quad (3.21)$$

где Y_3 - объем количества произведенных продуктов нефтепереработки: бензина, дизельного топлива и топочного мазута (тыс. тонн), $A_3 \in (0, A_{3\max}] \subset R_n$, $\chi_3 \in [0, \chi_{3\max}] \subset R_n$, $\kappa_3 \in [0, \kappa_{3\max}] \subset R_n$, $\varphi_3 \in [0, \varphi_{3\max}] \subset R_n$, $\rho_3 \in [0, \rho_{3\max}] \subset R_n$, $\mu_3 \in [0, \mu_{3\max}] \subset R_n$.

В таблице 3.3 и на рисунках 3.10 и 3.11 представлены параметры моделей взаимодействия вуза и производства нефтепродуктов в вариантах СМММ (3.20) и СМММ с учетом НТП (3.21).

Таблица 3.3 - Характеристики математических моделей (3.20) и (3.21)

Эластичность	Количество произведенных продуктов нефтепереработки			
	$Y_3(t)$			
	Несглаженная модель		Сглаженная модель	
	без учёта НТП (3.20)	с учётом НТП (3.21)	без учёта НТП (3.20)	с учётом НТП (3.21)
A_3	134303,233	38864,759	563819,592	44665,719
χ_3 - для фактора S	-0,233	-0,133	-0,427	-0,162
κ_3 - для фактора P	-0,018	0,02	0,082	0,018
φ_3 - для фактора G	-0,027	-0,022	-0,029	0,034
ρ_3 - для фактора I	0,004	0,055	-0,144	0,038
μ_3 - для фактора НТП		-0,015		-0,018
Качество моделирования				
Критерий Дарбина-Уотсона DW_3	1,784	1,731	1,396	1,477
Коэффициент детерминации R^2_3	0,771	0,8	0,954	0,926
Критерий Фишера F_3	5,06	4,007	31,453	12,508

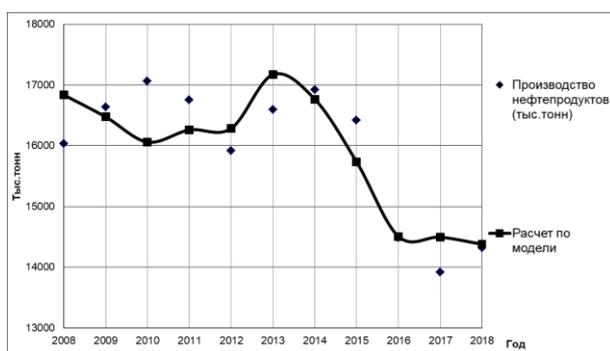


Рисунок 3.10 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.20)

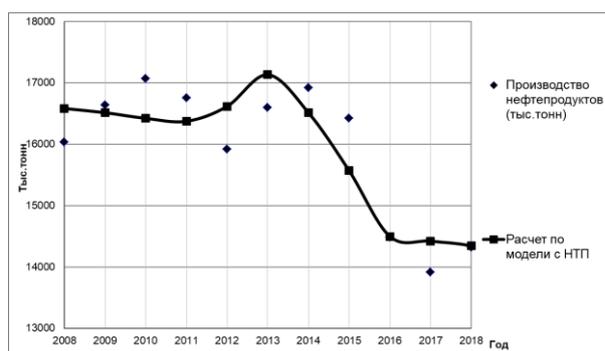


Рисунок 3.11 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.21)

В таком технологически сложном наукоемком производстве, как производство бензина, дизельного топлива и топочного мазута особенно большое значение имеет квалификация и опыт научно-производственной деятельности, приобретенный в вузе молодыми специалистами, которые в

значительной степени характеризуются совместными исследовательскими разработками в нефтяной отрасли, преподавателей и студентов вуза. При сглаживании исходных данных уменьшается погрешность моделирования и коэффициент детерминации (R^2) возрастает на 2,5%.

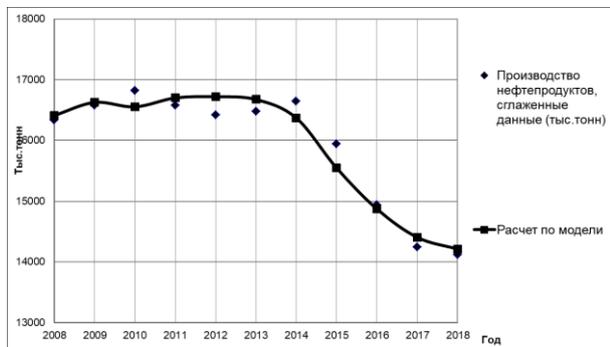


Рисунок 3.12 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП(3.20), сглаженные данные

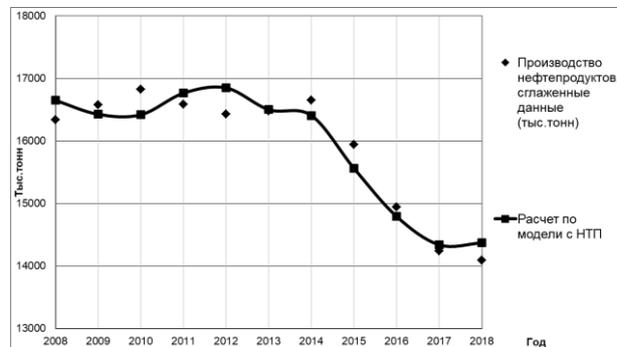


Рисунок 3.13 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП(3.21), сглаженные данные

Все полученные модели отличаются хорошей сходимостью с исходными статистическими данными, но при этом факторная эластичность λ количества выпускников СамГТУ S отрицательная. Это можно объяснить неэффективностью экстенсивного подхода к подготовке кадров для такого высокотехнологичного и наукоемкого технологического процесса, как производство нефтепродуктов.

Для системного анализа влияния подготовки кадров в вузе на региональную нефтяную отрасль математические модели (3.16) – (3.21) необходимо дополнить математическими моделями деятельности отраслевого вуза, где выходными характеристиками будут показатели выпуска студентов (S , чел.), общее число научных публикаций (P , шт.), выполнение НИР по грантам (G , ед.), генерация объектов интеллектуальной собственности (I , ед.) его деятельности, а входными – основные регламентные, установленные Минобнауки России или самим вузом характеристики высшего учебного заведения.

3.6. Регрессионные степенные модели ресурсного обеспечения показателей деятельности регионального вуза

3.6.1 Структура СМММ кадрового обеспечения комплекса «вуз-нефтяной кластер»

В соответствии с результатами разделов 3.3.1 - 3.3.3 построим серию математических моделей деятельности вуза, где выходными параметрами будут показатели деятельности СамГТУ: выпуск студентов СамГТУ – S , чел.; общее число научных публикаций – P , шт.; выполнение НИР по грантам – G , ед. и генерация объектов интеллектуальной собственности – I , ед. Эти индикаторы являются основными контрольными показателями для вуза, поэтому при анализе кадрового влияния на нефтяную отрасль Самарской области используем их в качестве входных величин.

Увеличение количества факторов в модели свыше трех приведет к усложнению моделей и к увеличению размерности области поиска эластичностей в МНК, что уменьшает основное преимущество методики – простоту применения, нетребовательность к вычислительным ресурсам, наглядность.

Поэтому в качестве входных характеристик вуза будем рассматривать капитальные и трудовые ресурсы вуза. К капитальным ресурсам отнесем следующие показатели:

- общий объем бюджетных средств вуза – K_1 , тыс. руб.;
- общий объем средств вуза – K_2 , тыс. руб.;
- затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза – K_3 , тыс. руб.

К трудовым ресурсам отнесем следующие входные факторы:

- общее количество студентов принятых в вуз – L_1 , чел.;
- общее количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг – L_2 , чел.;
- общая численность сотрудников университета – L_3 , чел.;
- общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук – L_4 , чел.

Математические модели будем строить в виде трехфакторной неоднородной СМММ и трехфакторной неоднородной СМММ с учетом научно-технического прогресса (НТП) [160].

Для каждого выходного индикатора работы вуза, влияющего на нефтяную отрасль Самарской области, составим модели, используя в качестве входных характеристик комбинации капитальных и трудовых ресурсов СамГТУ, согласно таблице 3.4.

Таблица 3.4 - Комбинации входов модели вуза

Комбинации входов	S , чел.		P , шт.		G , ед.		I , ед.	
	K_1	L_1	L_3	K_3	K_3	L_3	L_4	K_1
I	L_3	f_{11}	K_1	f_{21}	K_1	f_{31}	L_3	f_{41}
II	L_1	f_{12}	L_3	f_{22}	K_3	f_{32}	L_4	f_{42}
	K_2		L_4		L_4		K_3	
	L_4		K_2		L_2		K_2	
III	L_1	f_{13}	L_3	f_{23}	K_3	f_{33}	L_4	f_{43}
	K_3		L_1		K_2		L_1	
	L_2		L_2		L_1		L_2	

Процедура моделирования влияния деятельности СамГТУ на формирование значимых для региональной нефтяной отрасли входов опирается на выбор наиболее чувствительных и значимых входных воздействий из полной комбинации сочетаний всех 7 входов по 3 (C_7^3) в частных СМММ f_{ji} , где $j = \overline{1,4}$, $i = \overline{1,3}$ (рисунок 3.14) и на этой базе построение сводных моделей СамГТУ g_α , $\alpha = \overline{1,4}$ по выбранным в качестве входных переменных S , P , G и I для модели F эффективности кадровой политики нефтяной отрасли.

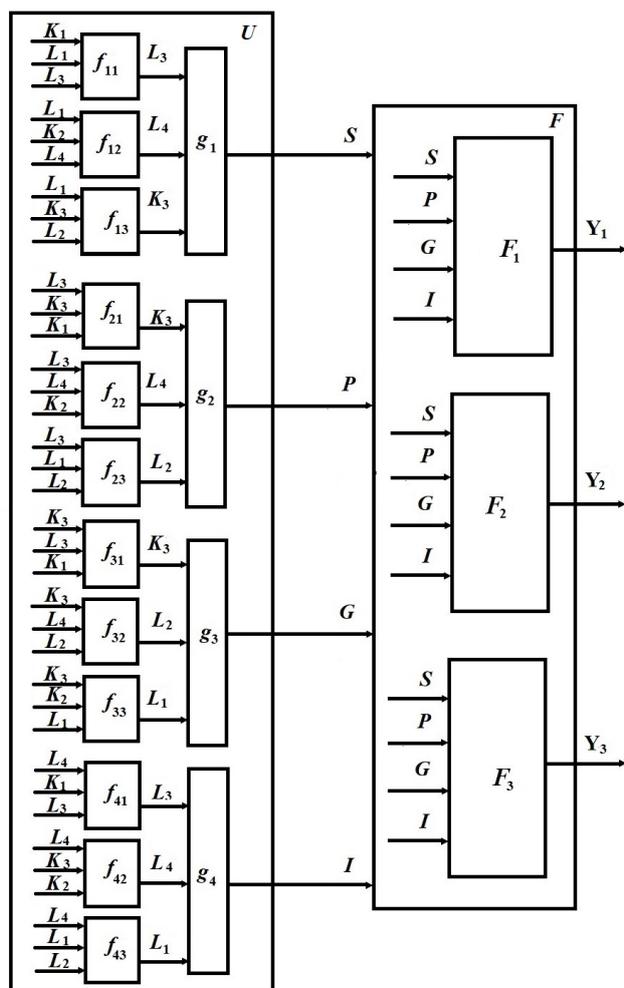


Рисунок 3.14 - Структура СМММ кадрового обеспечения комплекса «вуз - нефтяной кластер»

проводиться в двух вариантах: использование несглаженных и сглаженных исходных статистических данных.

Для оценки чувствительности модельных решений к соответствующим ресурсам будем использовать следующие факторные эластичности, приведенные в таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Факторные эластичности

Факторные эластичности	Факторы	Входные характеристики
α	L_1	Общее количество студентов, принятых в вуз
β	L_2	Количество студентов, принятых на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг на 1 курс
γ	K_1	Общий объем бюджетных средств
δ	K_2	Общий объем средств вуза
ψ	K_3	Затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза
θ	L_3	Общая численность работников
η	L_4	Работники с учеными степенями доктора и кандидата наук
λ		Для фактора НТП

3.6.2. Математическая модель количества выпускников

В качестве входных величин для математической модели f_{11} будем использовать: общий объем бюджетных средств вуза – K_1 , тыс. руб.; общее количество студентов, принятых в вуз – L_1 , чел., и общую численность работников – L_3 , чел. СМММ представим в виде (3.22), а СМММ с учетом НТП в виде (3.23):

$$S(t) = A \cdot K_1(t)^\gamma \cdot L_1(t)^\alpha \cdot L_3(t)^\theta, \quad (3.22)$$

$$S(t) = A \cdot K_1(t)^\gamma \cdot L_1(t)^\alpha \cdot L_3(t)^\theta \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.23)$$

где S – количество студентов, окончивших вуз (чел.), $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\gamma \in [0, \gamma_{\max}] \subset R_n$, $\alpha \in [0, \alpha_{\max}] \subset R_n$, $\theta \in [0, \theta_{\max}] \subset R_n$, $\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

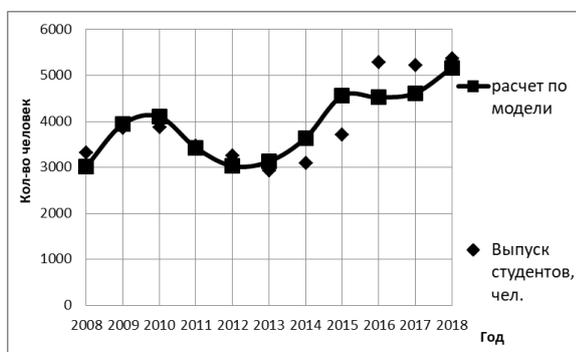


Рисунок 3.15 - Результаты моделирования СМММ без учета НТП(3.22)

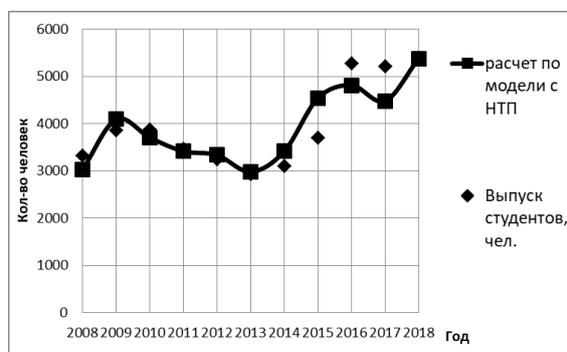


Рисунок 3.16 - Результаты моделирования СМММ с учетом НТП (3.23)

Таблица 3.6 - Характеристики математических моделей (3.22) и (3.23)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.22)	с учётом НТП (3.23)	без учёта НТП (3.22)	с учётом НТП (3.23)
A		1,402	521453949,466	1,757	1,206E+16
K_1 - Общий объем бюджетных средств	γ	0,254	-0,544	0,491	-1,332
L_1 - Общее количество студентов принятых в вуз	α	-0,667	-0,986	-1,364	-1,381
L_3 - Общая численность работников	θ	1,263	0,367	1,559	-0,097
Фактор НТП	λ		0,144		0,265
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	1,459	1,73	1,558	1,862
Коэффициент детерминации	R^2	0,729	0,799	0,915	0,95
Критерий Фишера	F	6,286	9,295	258,239	43,59

Анализ данных таблицы 3.6 показал, что наибольшую факторную эластичность имеет ресурс общей численности работников L_3 и общее

количество студентов, принятых в вуз L_1 . Как и следовало ожидать, эти характеристики в наибольшей степени влияют на отсев студентов в период обучения. При учете в модели влияния НТП (3.23), факторная эластичность всех входных величин становится отрицательной, а наибольшую факторную эластичность α имеет ресурс общего количества студентов, принятых в вуз L_1 .

В таблице 3.6 и на рисунках 3.17 и 3.18 представлены параметры моделей по сглаженным данным в вариантах неоднородной СМММ (3.22) и неоднородной СМММ с учетом НТП(3.23). Наибольшую факторную эластичность θ имеет ресурс общей численности работников L_3 . При учете в модели влияния НТП (3.23), факторная эластичность общей численности работников θ уменьшается на 87 %. Качество моделей, построенных по сглаженным данным, несколько растет.

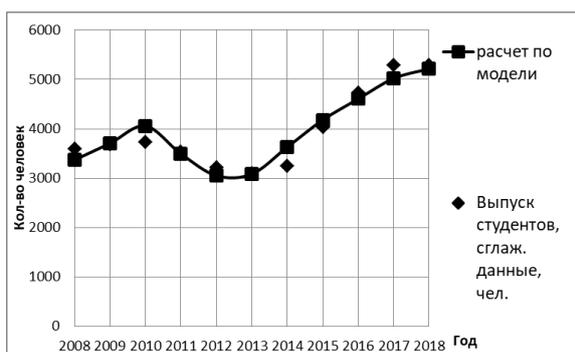


Рисунок 3.17 - Результаты моделирования СМММ без учета НТП (3.22), сглаженные данные

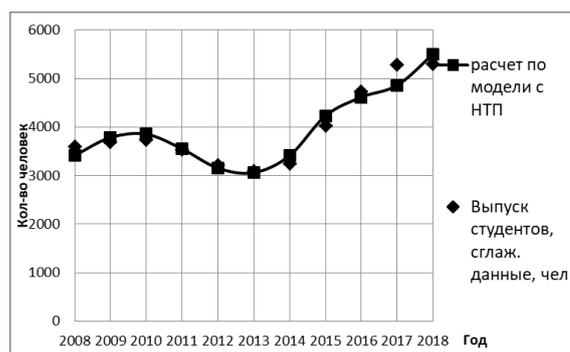


Рисунок 3.18 - Результаты моделирования СМММ с учетом НТП (3.23), сглаженные данные

Составим второй вид математических моделей f_{12} влияния входных ресурсов вуза на выпуск студентов S в форме (3.24) и (3.25), где в качестве входных ресурсов используем II тип комбинаций входов вуза: общее количество студентов, принятых в вуз – L_1 , чел.; общий объем средств вуза – K_2 , тыс. руб. и общее количество работников с учеными степенями доктора и кандидата наук – L_4 , чел.

$$S(t) = A \cdot L_1(t)^\alpha \cdot K_2(t)^\delta \cdot L_4(t)^\eta, \quad (3.24)$$

$$S(t) = A \cdot L_1(t)^\alpha \cdot K_2(t)^\delta \cdot L_4(t)^\eta \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.25)$$

где $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\alpha \in [0, \alpha_{\max}] \subset R_n$, $\delta \in [0, \delta_{\max}] \subset R_n$, $\eta \in [0, \eta_{\max}] \subset R_n$,

$\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

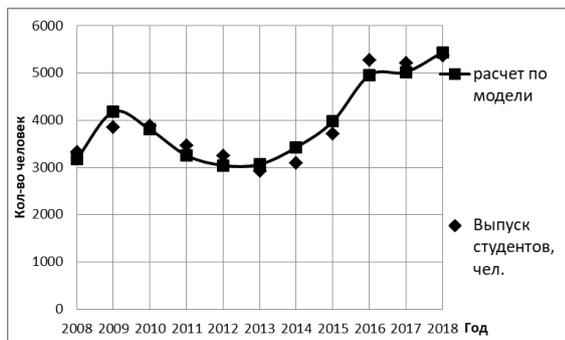


Рисунок 3.19 - Результаты моделирования СМММ без учета НТП (3.24)

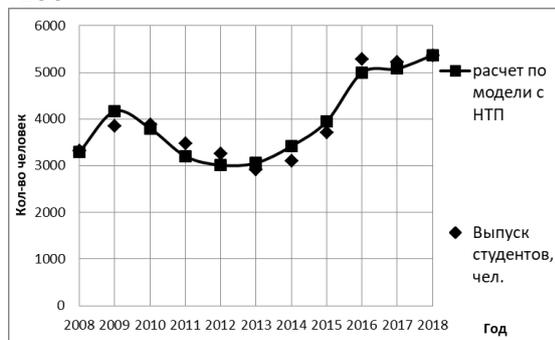


Рисунок 3.20 - Результаты моделирования СМММ с учетом НТП (3.24)

Результаты идентификации МНК и моделирования по формулам (3.24) и (3.25) демонстрируют, что наибольшую факторную эластичность η имеет общая численности работников с учеными степенями доктора и кандидата наук L_4 . Высокая эффективность этого фактора объясняется его существенным вкладом в процесс влияния показателей вуза на подготовку специалистов. Данные таблицы 3.7 показывают, что модель (3.24) СМММ имеет высокие аппроксимативные и прогностические свойства – значение R^2 составляет около 0,93, а критерий DW равен 1,75 для модели без учета НТП(3.24) и 1,57 – для модели с учетом НТП(3.25). Критерий Дарбина-Уотсона, который выявляет автокорреляцию во временных рядах погрешностей расчетов, находится в диапазоне от 1,5 до 2,5 и показывает практическое отсутствие автокорреляции.

Таблица 3.7 - Характеристики математических моделей (3.24) и (3.25)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.24)	с учётом НТП (3.25)	без учёта НТП (3.24)	с учётом НТП (3.25)
A		0,548	0,033	0,301	27,15
L_1 - Общее количество студентов принятых в вуз	α	-0,906	-0,808	-1,078	-1,299
K_2 - Общий объем средств вуза	δ	0,638	0,746	0,829	0,654
L_4 - Общее количество работников с учеными степенями доктора и кандидата наук	η	1,085	1,169	0,977	0,935
Фактор НТП	λ		-0,016		0,024
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	1,629	1,453	1,328	1,738
Коэффициент детерминации	R^2	0,918	0,921	0,973	0,978
Критерий Фишера	F	25,938	17,593	84,593	65,981

Параметры моделей и результаты моделирования по сглаженным данным в вариантах неоднородной СМММ (3.24) и СМММ с учетом НТП (3.25) представлены в таблице 3.7 и на рисунках 3.21 и 3.22.

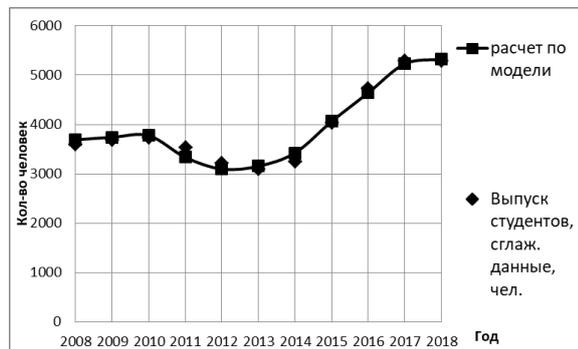


Рисунок 3.21 - Результаты моделирования СМММ без учета НТП (3.24), сглаженные данные

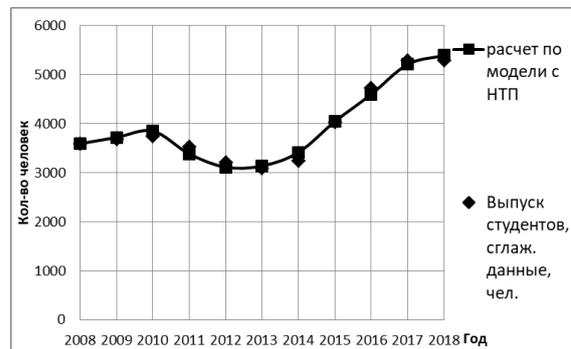


Рисунок 3.22 - Результаты моделирования СМММ с учетом НТП (3.25), сглаженные данные

Наибольшую факторную эластичность α в математических моделях, построенных по сглаженным статистическим данным, оказывает L_1 общее количество студентов, принятых в вуз и общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук L_4 . При сглаживании данных несущественно меняются прогностические свойства модели, критерий Дарбина-Уотсона DW увеличивается в модели с учетом влияния НТП на 7 %.

Составим третий вид моделей f_{13} – (3.26, 3.27) со следующими входными данными: общее количество студентов, принятых в вуз – L_1 , чел.; затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза - K_3 , млн. руб.; количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг – L_2 , чел. СМММ представим в виде (3.26), а СМММ с учетом НТП в виде (3.27).

$$S(t) = A \cdot L_1(t)^\alpha \cdot K_3(t)^\psi \cdot L_2(t)^\beta, \quad (3.26)$$

$$S(t) = A \cdot L_1(t)^\alpha \cdot K_3(t)^\psi \cdot L_2(t)^\beta \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.27)$$

где $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\alpha \in [0, \alpha_{\max}] \subset R_n$, $\psi \in [0, \psi_{\max}] \subset R_n$, $\beta \in [0, \beta_{\max}] \subset R_n$,

$\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

Таблица 3.8 - Характеристики математических моделей (3.26) и (3.27)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	несглаженные данные		сглаженные данные	
		Без учёта НТП (3.26)	С учётом НТП (3.27)	Без учёта НТП (3.26)	С учётом НТП (3.27)
A		192,74	1,11E+08	0,001	69,836
L_1 - Общее количество студентов, принятых в вуз	α	-0,365	-1,22	-1,562	-2,01
K_3 - Затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза	ψ	0,593	-0,091	2,643	1,781
L_2 - Количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг	β	-0,209	0,055	1,229	0,806
Фактор НТП	λ		0,106		0,061
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	0,983	1,135	2,3	2,371
Коэффициент детерминации	R^2	0,445	0,65	0,906	0,957
Критерий Фишера	F	1,868	2,785	22,713	33,623

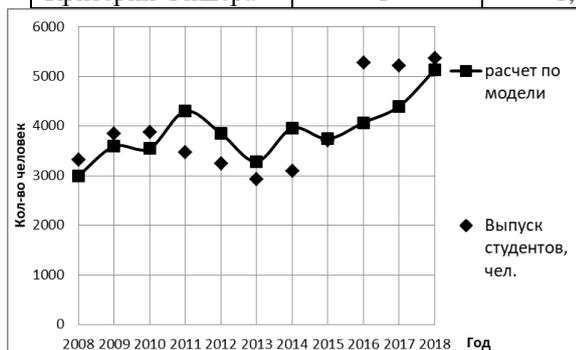


Рисунок 3.23 - Результаты моделирования СМММ без учета НТП (3.26)

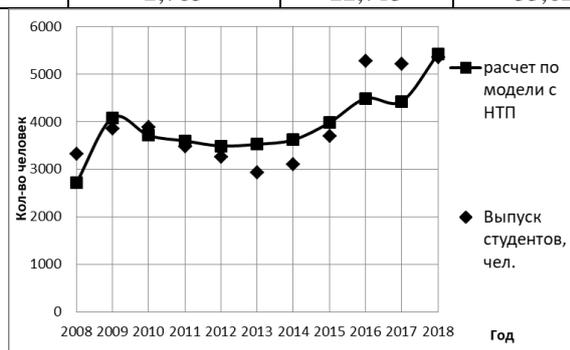


Рисунок 3.24 - Результаты моделирования СМММ с учетом НТП (3.27)

Из графиков на рисунках 3.23-3.24 и из данных таблицы 3.8 видно, что математическая модель без учета НТП (3.26) имеет неудовлетворительные аппроксимативные свойства ($R^2 = 0,445$). В модели на основе СМММ (3.26) остаются неучтенные некоторые факторы, которые следует учесть при построении следующих моделей. При добавлении в модель влияния НТП(3.27) существенно улучшается ее качество ($R^2 = 0,65$). Наибольшую значимость в моделях имеет фактор затрат на НИОКР, включающих бюджет НИЧ вуза - K_3 и количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг - L_2 .

При сглаживании исходных данных СМММ (3.26) и СМММ с учетом НТП (3.27) параметры моделей представлены на рисунках 3.25 и 3.26 и в таблице 3.8.

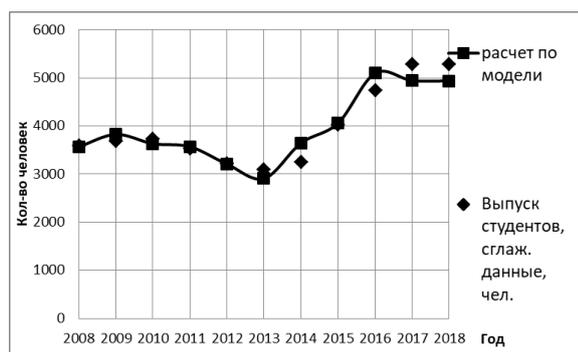


Рисунок 3.25 – Результаты моделирования СМММ без учета НТП (3.26), сглаженные данные

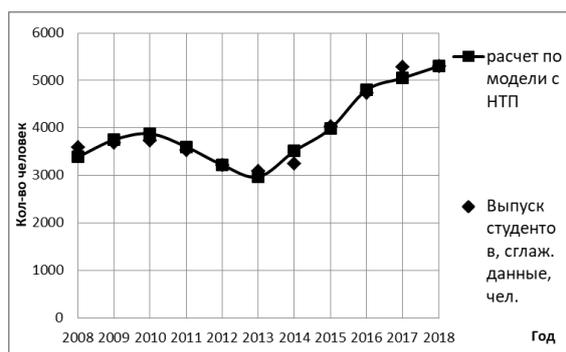


Рисунок 3.26 – Результаты моделирования СМММ с учетом НТП (3.27), сглаженные данные

Результаты моделирования демонстрируют, что при сглаживании исходных статистических данных, наибольшую факторную эластичность ε , как и в случае несглаженных данных, имеют затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза - K_3 . Добавление в модель фактора НТП (3.27) уменьшает влияние фактора затрат на НИОКР K_3 на 32 %, при этом степень влияния самого фактора НТП достаточно низкая – $\lambda = 0,061$.

Математические модели f_{11} (3.22) – (3.23), f_{12} (3.24) – (3.25) и f_{13} (3.26) – (3.27), отражающие влияние показателей вуза на количество студентов, окончивших вуз, в форме СМММ удовлетворительно описывают динамику выпуска студентов СамГТУ и позволяют сделать следующие выводы:

1. В моделях f_{11} (3.22) – (3.23) количество выпущенных вузом студентов в наибольшей степени зависит от общей численности работников L_3 .
2. В моделях f_{12} (3.24) – (3.25) наибольшую эластичность η имеет фактор количества работников с учеными степенями доктора и кандидата наук L_4 .
3. В математических моделях f_{13} (3.26) – (3.27) наибольшую значимость имеет фактор K_3 затрат на НИОКР, включающий бюджет НИЧ вуза.

Сформируем сводную модель деятельности вуза g_1 , где входами будут наиболее значимые, полученные из предыдущих моделей факторы: общая численность работников – L_3 ; общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук – L_4 , чел.; затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза – K_3 , тыс. руб.

СМММ представим в виде (3.28), а СМММ с учетом НТП в виде (3.29).

$$S(t) = A \cdot L_3(t)^\theta \cdot L_4(t)^\eta \cdot K_3(t)^\psi, \quad (3.28)$$

$$S(t) = A \cdot L_3(t)^\theta \cdot L_4(t)^\eta \cdot K_3(t)^\psi \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.29)$$

где $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\theta \in [0, \theta_{\max}] \subset R_n$, $\eta \in [0, \eta_{\max}] \subset R_n$, $\psi \in [0, \psi_{\max}] \subset R_n$, $\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

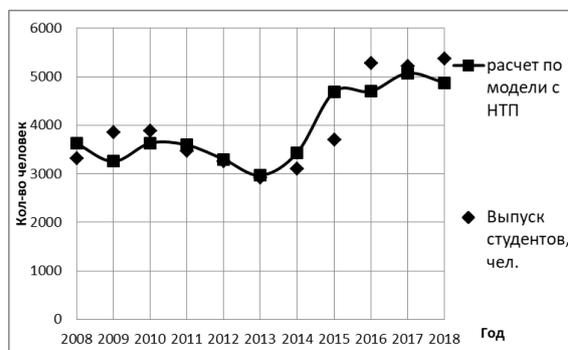
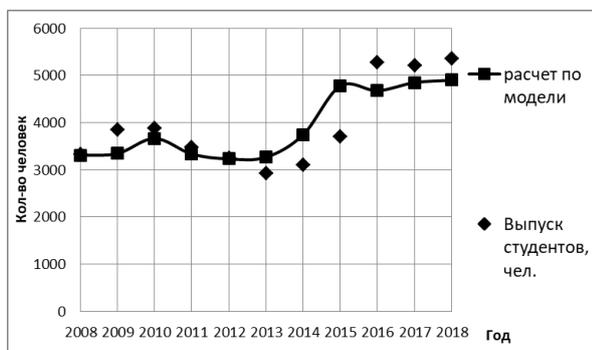


Рисунок 3.27 – Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.28)

Рисунок 3.28 – Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.29)

Таблица 3.9 – Характеристики математических моделей (3.28) и (3.29)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.28)	с учётом НТП (3.29)	без учёта НТП (3.28)	с учётом НТП (3.29)
A		0,44	0,0002	0,0003	6,35E-10
L_3 – Общая численность работников	θ	0,586	-0,451	3,294	-0,546
L_4 – Общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук	η	0,609	2,492	-2,136	3,454
K_3 – Затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза	ψ	0,032	0,327	0,336	0,929
Фактор НТП	λ		-0,077		-0,167
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	1,174	1,886	0,789	2,058
Коэффициент детерминации	R^2	0,66	0,731	0,816	0,959
Критерий Фишера	F	4,53	4,068	10,335	34,938

Полученная модель g_1 имеет, естественно, меньшую эластичность по отношению к входным факторам, так как в ней фигурируют все наиболее значимые входы. Ее показатели качества приемлемы, хотя и уступают показателям качества моделей (3.24) и (3.25). Согласно модели (3.28) и (3.29), на выпуск студентов СамГТУ S наибольшее влияние оказывает фактор общей

численности работников с учеными степенями L_4 , а при введении в модель влияния фактора НТП (3.29) его значение увеличивается в 4 раза из-за снижения эффективности θ фактора общей численности работников L_3 .

Параметры моделей по сглаженным данным СМММ (3.28) и СМММ с учетом НТП (3.29) представлены на рисунках 3.29 – 3.30 и в таблице 3.9.

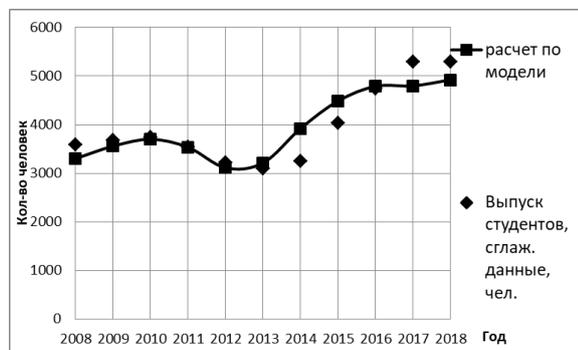


Рисунок 3.29 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.28), сглаженные данные

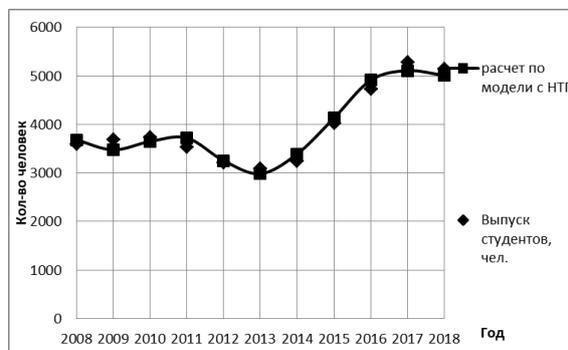


Рисунок 3.30 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.29), сглаженные данные

Как видно из таблицы 3.9 и графиков, приведенных на рисунке 3.29 и 3.30, при сглаживании исходных данных, аппроксимативные и прогностические свойства улучшились, значение ($R^2 = 0,816$). Добавление в модель эффекта влияния НТП (3.29) существенно улучшает ее качество ($R^2 = 0,959$). В процессе подготовки специалистов наибольшую факторную эластичность θ в модели без учета НТП (3.28) имеет общая численность работников L_3 . Добавление фактора НТП (3.29), меняет местами значимости базовых ресурсов: общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук L_4 приобретает большую факторную эластичность η .

Проведенные исследования показывают, что в качестве рабочей модели следует использовать сводную математическую модель g_1 (3.28), (3.29), построенную по сглаженным данным, так как она содержит все наиболее значимые входы.

3.6.2. Математическая модель количества публикаций

Для первого вида моделей f_{21} (см. рисунок 3.14) входными характеристиками будем считать следующие: общая численность работников – L_3 , чел.; затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза – K_3 , тыс. руб. и общий объем бюджетных средств вуза – K_1 , тыс. руб., выходным параметром

выберем общее число научных публикаций – P , шт. СМММ представим в виде (3.30), а СМММ с учетом НТП в виде (3.31):

$$P(t) = A \cdot L_3(t)^\theta \cdot K_3(t)^\psi \cdot K_1(t)^\gamma, \quad (3.30)$$

$$P(t) = A \cdot L_3(t)^\theta \cdot K_3(t)^\psi \cdot K_1(t)^\gamma \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.31)$$

где P – количество научных публикаций (шт.), $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\theta \in [0, \theta_{\max}] \subset R_n$, $\psi \in [0, \psi_{\max}] \subset R_n$, $\gamma \in [0, \gamma_{\max}] \subset R_n$, $\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

Результаты моделирования по выражениям (3.30) и (3.31) демонстрируют, что в процесс подготовки научных публикаций наибольший вклад оказывают затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза K_3 . В модели с учетом НТП (3.29), ресурс L_3 общей численности работников и общий объем бюджетных средств - K_1 , оказывают примерно одинаковое влияние на общее число научных публикаций P .

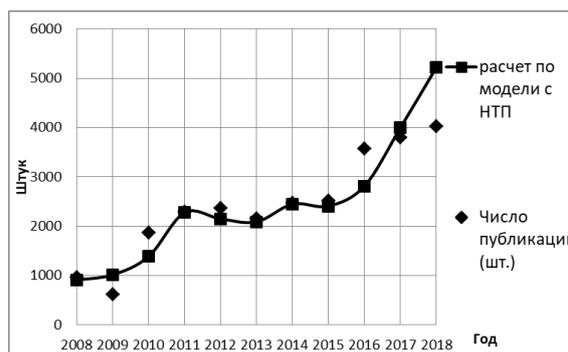
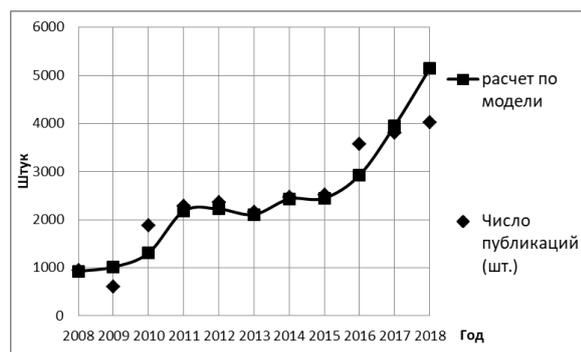


Рисунок 3.31 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.30)

Рисунок 3.32 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.31)

Таблица 3.10 - Характеристики математических моделей (3.30) и (3.31)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.30)	с учётом НТП (3.31)	без учёта НТП (3.30)	с учётом НТП (3.31)
A		8,25E-06	2,8E-10	3,8E-05	1,9E-18
L_3 - Общая численность работников	θ	-0,014	0,449	-0,31	1,058
K_3 - Затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза	ψ	1,058	1,199	1,067	1,232
K_1 - Общий объем бюджетных средств вуза	γ	0,43	0,816	0,481	1,878
Фактор НТП	λ		-0,077		-0,22
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	2,554	2,52	1,24	1,579
Коэффициент	R^2	0,849	0,852	0,956	0,959

детерминации					
Критерий Фишера	F	13,13	8,624	51,223	35,466

Аппроксимативные свойства моделей (3.30) и (3.31) хорошие - R^2 достигает уровня 0,8. Оценим значимость модели с помощью критерия Фишера F . Табличное значение равно $F_{табл} = 5,11$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$, и поскольку выполняется условие $F > F_{табл}$, делаем вывод, что коэффициент детерминации R^2 статически значим и найденная оценка уравнения регрессии статистически надежна.

Параметры моделей по сглаженным данным СМММ (3.30) и СМММ с учетом НТП (3.31) представлены в таблице 3.10.

В случае сглаженных данных существенно улучшаются аппроксимативные свойства модели (3.30) - $R^2=0,956$ и модели (3.31) - $R^2=0,959$, что является очень хорошим результатом, при почти неизменной статистике DW . Наибольшую факторную эластичность ψ имеет ресурс K_3 затраты на НИОКР, включающий бюджет НИЧ вуза. Для модели с учетом НТП(3.31) наибольшая факторная эластичность γ получается у ресурса K_1 общего объема бюджетных средств вуза, которая на 35 % больше эластичности ψ ресурса затрат на НИОКР K_3 .

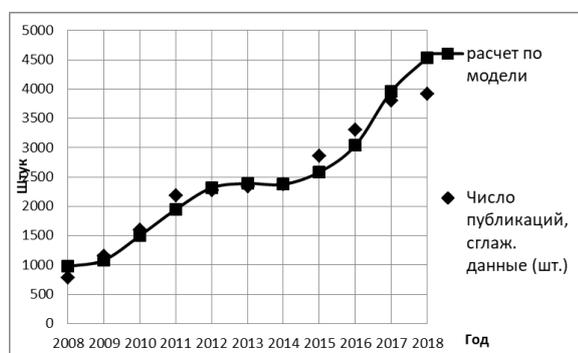


Рисунок 3.33 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.30), сглаженные данные

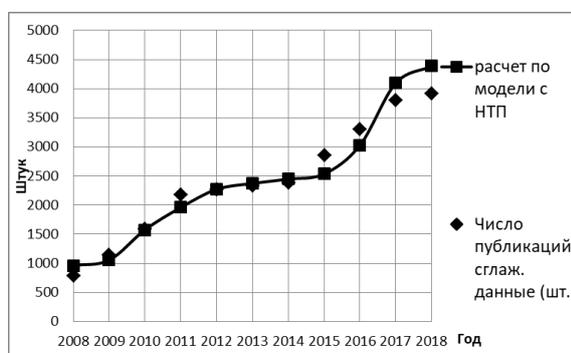


Рисунок 3.34 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.31), сглаженные данные

Составим второй вид моделей f_{22} количества написания научных публикаций P в форме (3.32) и (3.33), где в качестве входных ресурсов используем: общую численность работников - L_3 , чел.; общую численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук - L_4 , чел. и общий

объем средств вуза – K_2 , тыс. руб. СМММ представим в виде (3.32), а СМММ с учетом НТП в виде (3.33):

$$P(t) = A \cdot L_3(t)^\theta \cdot L_4(t)^\eta \cdot K_2(t)^\delta, \quad (3.32)$$

$$P(t) = A \cdot L_3(t)^\theta \cdot L_4(t)^\eta \cdot K_2(t)^\delta \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.33)$$

где $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\theta \in [0, \theta_{\max}] \subset R_n$, $\eta \in [0, \eta_{\max}] \subset R_n$, $\delta \in [0, \delta_{\max}] \subset R_n$, $\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

Результаты моделирования представлены на рисунках 3.35 и 3.36 и в таблице 3.11.

Таблица 3.11 - Характеристики математических моделей (3.32) и (3.33)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.32)	с учётом НТП (3.33)	без учёта НТП (3.32)	с учётом НТП (3.33)
A		3,9E+07	1,1E+14	1,8E+19	1,4E+17
L_3 - Общая численность работников	θ	-9,066	-4,803	-14,197	-3,659
L_4 - Общая численность работников с учеными степенями	η	12,299	5,866	19,867	5,059
K_2 - Общий объем средств вуза	δ	-1,308	-1,811	-3,792	-2,581
Фактор НТП	λ		0,176		0,208
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	1,876	2,655	1,581	1,387
Коэффициент детерминации	R^2	0,776	0,853	0,921	0,963
Критерий Фишера	F	8,098	8,71	27,072	39,031

Высокая эффективность фактора L_4 общей численности работников с учеными степенями доктора и кандидата наук отражает его существенный вклад в процесс подготовки научных публикаций P . Модели СМММ (3.32) и (3.33) имеют высокие аппроксимативные свойства, $R^2 \approx 0,8$. Добавление фактора НТП(3.33) в модель улучшает аппроксимативные свойства на 8,5%. Критерий Дарбина-Уотсона DW оказался немного больше 2, что свидетельствует о низкой автокорреляции и подтверждает высокое качество моделей (3.32) и (3.33).

Параметры моделей при сглаженных исходных данных СМММ (3.32) и СМММ с учетом влияния НТП (3.33) представлены в таблице 3.11.

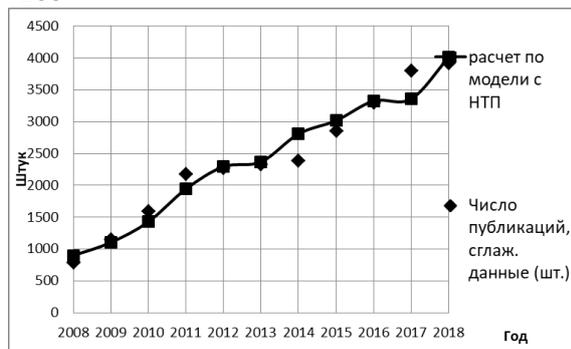
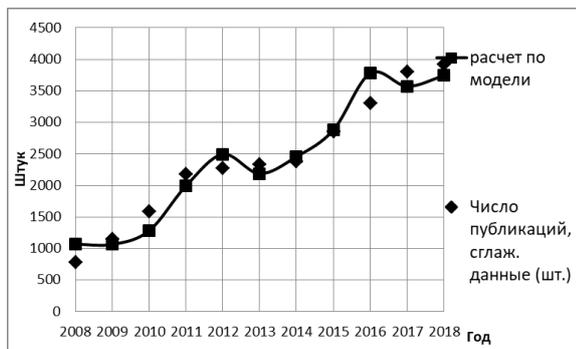


Рисунок 3.37 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.32), сглаженные данные

Рисунок 3.38 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.33), сглаженные данные

При сглаживании исходных данных несущественно меняются аппроксимативные свойства, $R^2 = 0,921$ и $R^2 = 0,963$ для модели (3.33) с влиянием НТП. По моделям (3.32) и (3.33) можно сделать вывод, что общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук L_4 оказывают наибольшее влияние в общее число научных публикаций P .

Составим третий вид математических моделей f_{23} влияния показателей вуза на количество научных публикаций P согласно III типу комбинаций в форме (3.34) и (3.35), где в качестве входных ресурсов используем: общую численность работников – L_3 , чел.; общее количество студентов, принятых в вуз – L_1 , чел. и общее количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг – L_2 , чел. СМММ представим в виде (3.34), а СМММ с учетом НТП в виде (3.35).

$$P(t) = A \cdot L_3(t)^\theta \cdot L_1(t)^\alpha \cdot L_2(t)^\beta, \quad (3.34)$$

$$P(t) = A \cdot L_3(t)^\theta \cdot L_1(t)^\alpha \cdot L_2(t)^\beta \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.35)$$

где $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\theta \in [0, \theta_{\max}] \subset R_n$, $\alpha \in [0, \alpha_{\max}] \subset R_n$, $\beta \in [0, \beta_{\max}] \subset R_n$, $\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

Таблица 3.12 - Характеристики математических моделей (3.34) и (3.35)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.34)	с учётом НТП (3.35)	без учёта НТП (3.34)	с учётом НТП (3.35)
A		1,2E-08	72,705	2,1E-12	2,1E+09
L_3 - Общая численность работников	θ	0,766	-0,543	1,903	-1,188
L_1 - Общее количество студентов	α	2,192	0,588	0,428	-1,178

принятых в вуз					
L_2 - Общее количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг	β	0,203	0,259	2,058	0,541
Фактор НТП	λ		0,134		0,219
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	1,141	1,889	1,275	1,128
Коэффициент детерминации	R^2	0,722	0,815	0,843	0,941
Критерий Фишера	F	6,05	6,599	12,552	23,977

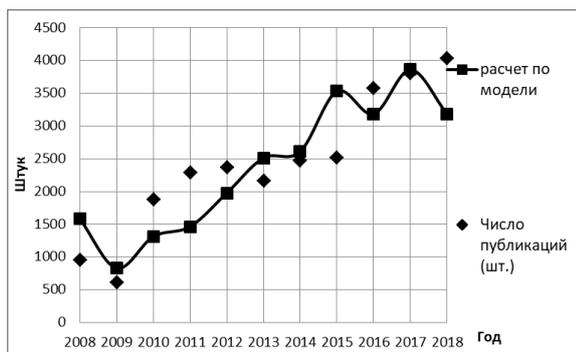


Рисунок 3.39 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.34)

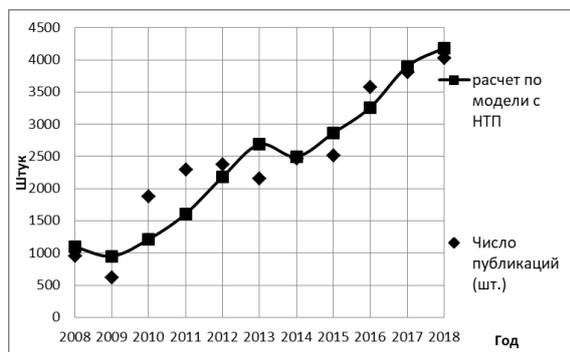


Рисунок 3.40 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.35)

Наибольшую факторную эластичность имеет ресурс L_1 общего количества студентов принятых в вуз (эластичность $\alpha = 2,1915$), а при учете фактора НТП (3.35), чувствительность ресурса L_1 снижается на 73 %.

Параметры моделей по сглаженным данным СМММ (3.34) и СМММ с учетом влияния НТП (3.35) представлены в таблице 3.12.

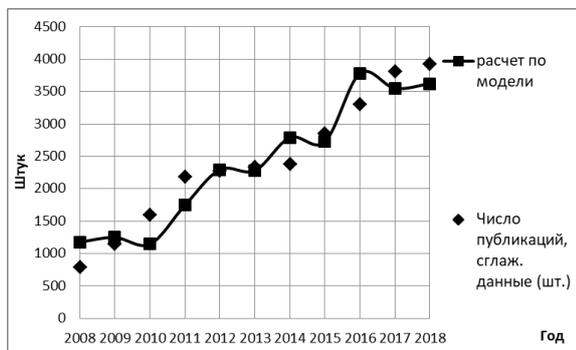


Рисунок 3.41 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.34), сглаженные данные

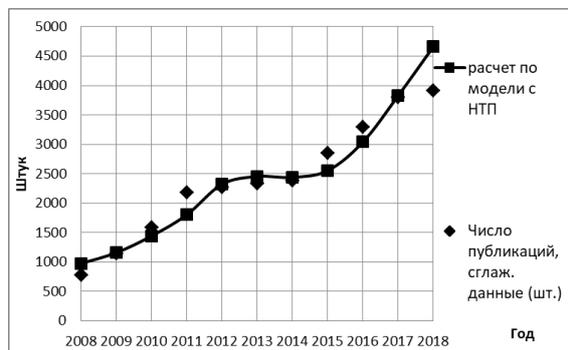


Рисунок 3.42 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.35), сглаженные данные

Сглаживание исходных данных улучшает аппроксимативные характеристики. Критерий DW в модели 3.34 без учета НТП увеличивается на 12 % по сравнению с этой же моделью, построенной по несглаженной исходной

статистике, а с влиянием НТП (3.35) DW уменьшается на 40 %. Наибольшую факторную эластичность имеет ресурс общей численности работников L_3 и общее количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг L_2 . В модели (3.35) с учетом влияния НТП наибольшую факторную эластичность имеет фактор общей численности работников L_3 .

По математическим моделям f_{21} , f_{22} и f_{23} (3.30)-(3.35) можно сделать следующие выводы:

1. Модели f_{21} (3.30) и (3.31) показывают, что общее число научных публикаций P существенно зависит от затрат на НИОКР, включающих бюджет НИЧ вуза K_3 .
2. Из моделей f_{22} (3.32) и (3.33) видно, что количество работников с учеными степенями доктора и кандидата наук L_4 оказывают наибольшее влияние на общее число научных публикаций P .
3. В моделях f_{23} (3.34) и (3.35) наиболее значимым фактором является общее количество студентов, принятых на 1 курс по договорам об оказании платных образовательных услуг L_2 .

Сформируем модель g_2 (3.36)-(3.37), где входами будут наиболее значимые факторы, полученные из предыдущих математических моделей влияния показателей вуза на количество научных публикаций: затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза – K_3 , тыс. руб.; общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук – L_4 , чел., общее количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг – L_2 , чел. СМММ представим в виде (3.36), а СМММ с учетом НТП в виде (3.37).

$$P(t) = A \cdot K_3(t)^\psi \cdot L_4(t)^\eta \cdot L_2(t)^\beta, \quad (3.36)$$

$$P(t) = A \cdot K_3(t)^\psi \cdot L_4(t)^\eta \cdot L_2(t)^\beta \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.37)$$

где $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\psi \in [0, \psi_{\max}] \subset R_n$, $\eta \in [0, \eta_{\max}] \subset R_n$, $\beta \in [0, \beta_{\max}] \subset R_n$,

$\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

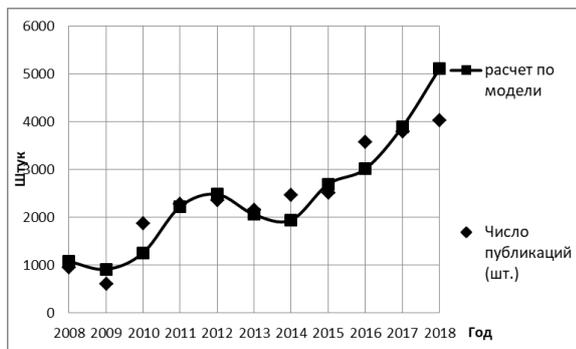


Рисунок 3.43 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.36)

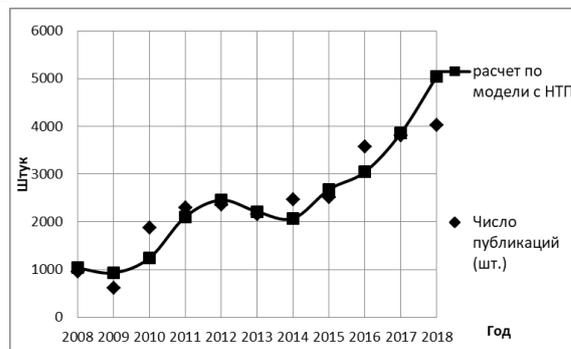


Рисунок 3.44 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.37)

Таблица 3.13 - Характеристики математических моделей (3.36) и (3.37)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.36)	с учётом НТП (3.37)	без учёта НТП (3.36)	с учётом НТП (3.37)
A		3,6E-07	0,0002	8,7E-07	0,0248
K_3 - Затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза	ψ	1,327	1,067	1,521	0,992
L_4 - Общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук	η	0,339	-0,116	-0,08	-0,66
L_2 - Общее количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг	β	0,407	0,376	0,329	0,326
Фактор НТП	λ		0,047		0,072
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	1,695	1,709	0,853	1,245
Коэффициент детерминации	R^2	0,802	0,823	0,932	0,957
Критерий Фишера	F	9,454	6,959	31,978	33,55

Наибольшую факторную эластичность ψ имеет ресурс K_3 затрат на НИОКР, включающий бюджет НИЧ вуза. Данные таблицы 3.13 показывают, что модели СМММ (3.36) и (3.37) имеют высокие аппроксимативные и прогностические свойства.

В таблице 3.13 представлены параметры моделей по сглаженным данным в вариантах СМММ (рисунок 3.45) и СМММ с учетом НТП (рисунок 3.46).

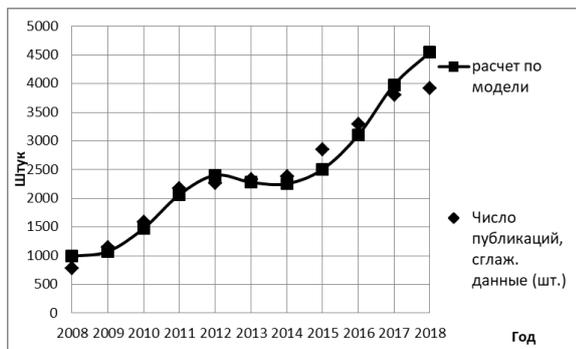


Рисунок 3.45 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.36), сглаженные данные

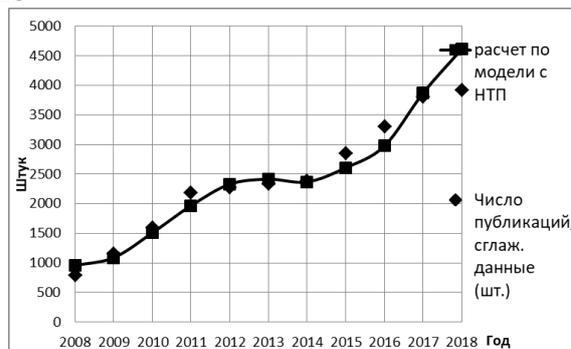


Рисунок 3.46 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.37), сглаженные данные

При сглаживании исходных данных прогностические свойства незначительно улучшаются. По полученным математическим моделям (3.36) и (3.37), можно сделать вывод, что на общее количество публикаций P наибольший вклад оказывают затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза K_3 .

3.6.3. Математическая модель выполненных грантов

Составим ряд моделей СМММ по несглаженным статистическим данным и сглаженным данным, где в качестве выходного параметра будем использовать выполнение СамГТУ научно-исследовательских работ по грантам – G , ед.

В математических моделях в форме f_{31} (3.38) и (3.39) использованы следующие входные ресурсы вуза: затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза – K_3 , тыс. руб.; общая численность работников – L_3 , чел. и общий объем бюджетных средств вуза – K_1 , тыс.руб. СМММ представим в виде (3.38), а СМММ с учетом НТП в виде (3.39).

$$G(t) = A \cdot K_3(t)^\psi \cdot L_3(t)^\theta K_1(t)^\gamma, \quad (3.38)$$

$$G(t) = A \cdot K_3(t)^\psi \cdot L_3(t)^\theta K_1(t)^\gamma \cdot e^{\lambda t} \quad (3.39)$$

где G – выполнение научно-исследовательских работ по грантам СамГТУ (ед.), $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\psi \in [0, \psi_{\max}] \subset R_n$, $\eta \in [0, \eta_{\max}] \subset R_n$, $\beta \in [0, \beta_{\max}] \subset R_n$, $\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

В таблице 3.14 и на рисунках 3.47 и 3.48 отражены результаты моделирования по статистическим данным в вариантах СМММ (3.38) и СМММ с учетом НТП (3.39).

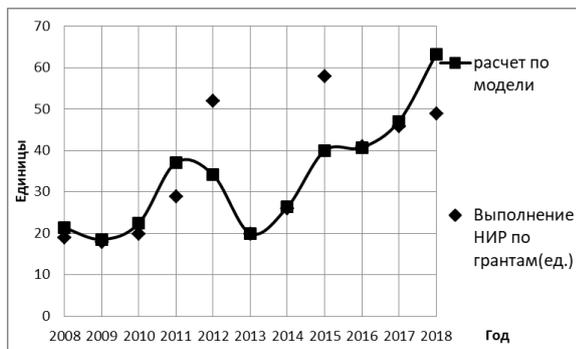


Рисунок 3.47 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.38)

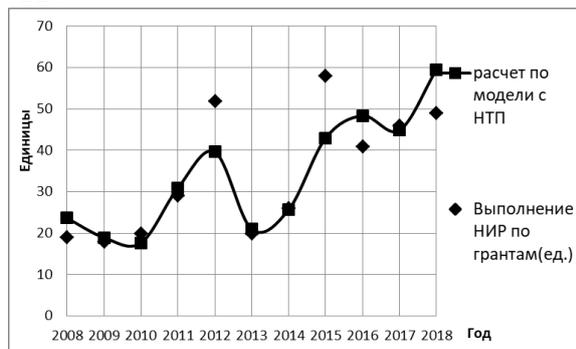


Рисунок 3.48 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.39)

Таблица 3.14 - Характеристики математических моделей (3.38) и (3.39)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.38)	с учётом НТП (3.39)	без учёта НТП (3.38)	с учётом НТП (3.39)
A		1,3E-07	2,7E+12	0,001	6581,877
K_3 - Затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза	ψ	1,793	1,183	0,671	0,57
L_3 - Общая численность работников	θ	0,811	-1,195	0,002	-0,827
K_1 - Общий объем бюджетных средств вуза	γ	-0,757	-2,427	0,341	-0,508
Фактор НТП	λ		0,332		0,134
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	2,108	2,302	1,577	1,42
Коэффициент детерминации	R^2	0,772	0,853	0,921	0,923
Критерий Фишера	F	2,108	8,72	27,206	18,036

В модели (3.38) выполнения НИР по грантам G наибольшую факторную эластичность ψ имеет ресурс K_3 затрат на НИОКР, включающий бюджет НИЧ вуза. При учете в модели (3.39) влияния НТП факторная эластичность ψ затрат на НИОКР K_3 уменьшается на 34 %.

Параметры моделей по сглаженным данным в вариантах СМММ (3.38) и СМММ с учетом НТП (3.39) представлены в таблице 3.14 и на рисунках 3.49 и 3.50.

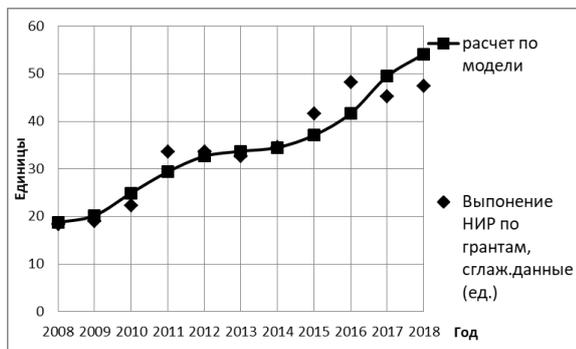


Рисунок 3.49 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.38), сглаженные данные

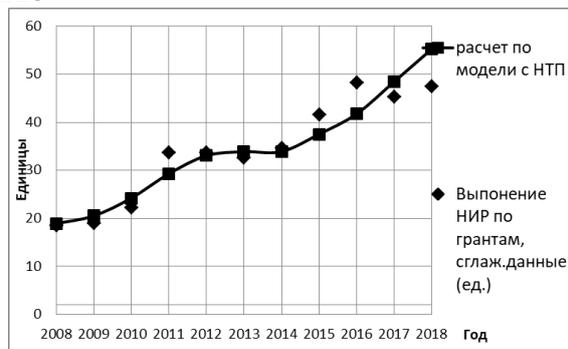


Рисунок 3.50 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.39), сглаженные данные

При сглаживании исходных данных, наибольшую факторную эластичность ψ также имеет ресурс K_3 затрат на НИОКР, включающий бюджет НИЧ вуза. При добавлении в модель НТП фактор затрат на НИОКР уменьшается на 15 %. Прогностические свойства модели хорошие, значение DW находится в пределах 1,5.

По моделям (3.38) и (3.39) можно сделать вывод, что наибольшую значимость для выполнения НИР по грантам G имеет фактор K_3 затрат на НИОКР, включающих бюджет НИЧ вуза.

Составим второй тип моделей f_{32} (3.40) и (3.41) выполнения НИР по грантам G , где в качестве входных характеристик вуза примем следующие характеристики: затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза – K_3 , тыс. руб.; общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук – L_4 , чел. и общее количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг – L_2 , чел. СМММ представим в виде (3.40), а СМММ с учетом влияния НТП в виде (3.41).

$$G(t) = A \cdot K_3(t)^\psi \cdot L_4(t)^\eta \cdot L_2(t)^\beta, \quad (3.40)$$

$$G(t) = A \cdot K_3(t)^\psi \cdot L_4(t)^\eta \cdot L_2(t)^\beta \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.41)$$

где G – выполнение НИР по грантам СамГТУ (ед.) $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\psi \in [0, \psi_{\max}] \subset R_n$, $\eta \in [0, \eta_{\max}] \subset R_n$, $\beta \in [0, \beta_{\max}] \subset R_n$, $\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

На рисунках 3.51 и 3.52 и в таблице 3.15 представлены результаты моделирования выполнения НИР по грантам в вариантах СМММ (3.40) и СМММ с учетом НТП (3.41).

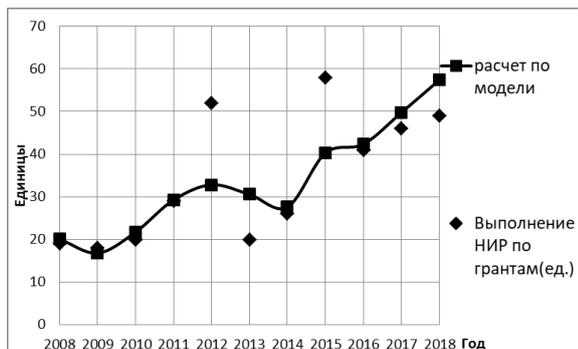


Рисунок 3.51 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.40)

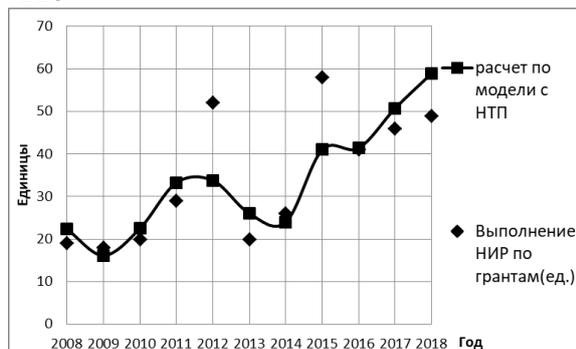


Рисунок 3.52 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.41)

Таблица 3.15 - Характеристики математических моделей (3.40) и (3.41)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.40)	с учётом НТП (3.41)	без учёта НТП (3.40)	с учётом НТП (3.41)
A		6,2E-07	3,1E-13	2,9E-07	4,2E-09
K_3 - Затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза	ψ	0,716	1,313	0,556	0,678
L_4 - Общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук	η	0,784	1,827	0,687	0,984
L_2 - Общее количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг	β	0,433	0,506	0,887	0,998
Фактор НТП	λ		-0,107		-0,026
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	2,651	2,538	1,577	1,539
Коэффициент детерминации	R^2	0,72	0,759	0,949	0,95
Критерий Фишера	F	6,001	4,71	43,24	28,338

Как видно из данных, представленных в таблице 3.15, в процессе выполнения НИР по грантам G наибольшую факторную эластичность η имеет ресурс общей численности работников с учеными степенями доктора и кандидата наук L_4 , чел. Полученное модельное решение показывает большую эффективность этого фактора и, как следствие, его существенный вклад в инновационный потенциал вуза. Чуть меньшее влияние на выходной фактор G оказывает ресурс K_3 затрат на НИОКР, включающих бюджет НИЧ вуза. При

введении в модель фактора НТП повышается значение коэффициента R^2 множественной корреляции до уровня 0,759. Факторная эластичность входных величин увеличилась, но все равно наибольшую факторную эластичность η имеет ресурс L_4 .

Параметры моделей по сглаженным данным в вариантах СМММ (3.40) и СМММ с учетом НТП(3.41) представлены в таблице 3.15 и на рисунках 3.53 и 3.54.

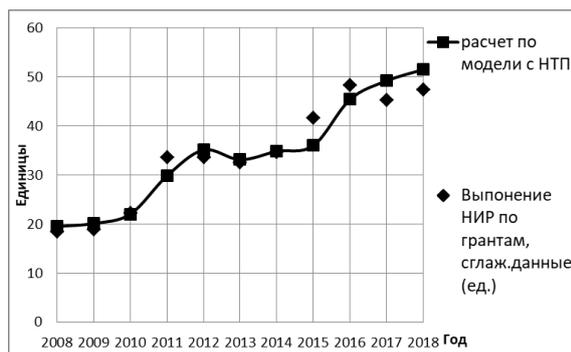
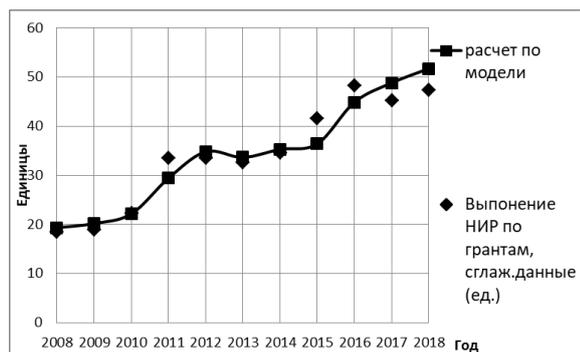


Рисунок 3.53 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.40), сглаженные данные

Рисунок 3.54 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.41), сглаженные данные

Как видно из таблицы 3.15 и рисунков 3.53 и 3.54, при сглаживании исходных данных аппроксимативные свойства модели растут. В моделях (3.40) и (3.41) наибольшую факторную эластичность β имеет ресурс L_2 общего количества студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг.

Составим третий вид моделей f_{33} выполнения НИР по грантам G , где в качестве входных характеристик вуза примем следующие характеристики: затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза – K_3 , тыс. руб.; общий объем средств вуза – K_2 , тыс. руб. и общее количество студентов принятых в вуз – L_1 , чел. СМММ представим в виде (3.42), а СМММ с учетом влияния НТП в виде (3.43).

$$G(t) = A \cdot K_3(t)^\psi \cdot K_2(t)^\delta \cdot L_1(t)^\alpha, \quad (3.42)$$

$$G(t) = A \cdot K_3(t)^\psi \cdot K_2(t)^\delta \cdot L_1(t)^\alpha \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.43)$$

где $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\psi \in [0, \psi_{\max}] \subset R_n$, $\delta \in [0, \delta_{\max}] \subset R_n$, $\alpha \in [0, \alpha_{\max}] \subset R_n$, $\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

Результаты моделирования выполнения НИР по грантам G в вариантах СМММ (3.42) и (3.43) СМММ с учетом НТП представлены в таблице 3.16 и на рисунках 3.55 и 3.56.

Таблица 3.16 - Характеристики математических моделей (3.42) и (3.43)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.42)	с учётом НТП (3.43)	без учёта НТП (3.42)	с учётом НТП (3.43)
A		0,004	2097,77	3,3E-05	2,2E-06
K_3 - Затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза	ψ	1,231	0,866	0,867	0,931
K_2 - Общий объем средств вуза	δ	-0,591	-1,176	-0,39	-0,306
L_1 - Общее количество студентов принятых в вуз	α	0,482	0,13	0,991	1,082
Фактор НТП	λ		0,091		-0,015
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	2,473	2,412	1,757	1,736
Коэффициент детерминации	R^2	0,701	0,717	0,959	0,96
Критерий Фишера	F	5,476	3,8	54,998	35,49

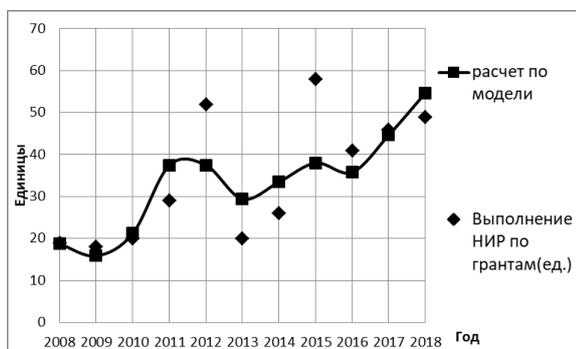


Рисунок 3.55- Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.42)

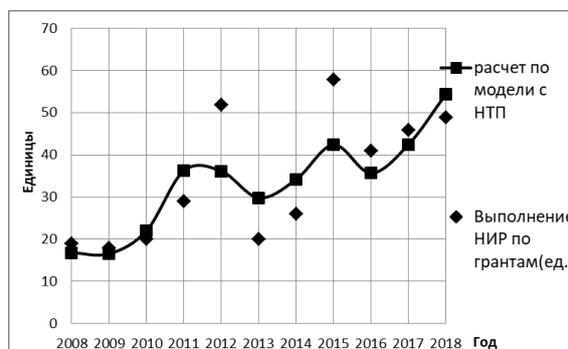


Рисунок 3.56 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.43)

Как видно из таблицы 3.16, модели (3.42) и (3.43) имеют невысокие аппроксимативные свойства ($R^2 \approx 0,7$). В модели при выполнении НИР по грантам G наибольший вклад оказывают затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза – K_3 , тыс. руб.

Результаты моделирования по сглаженным данным в вариантах СМММ (3.42) и СМММ с учетом НТП(3.43) показаны на рисунках 3.57 и 3.58 и в таблице 3.16.

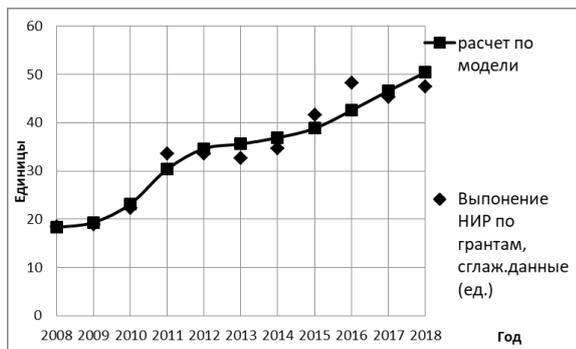


Рисунок 3.57 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.42), сглаженные данные

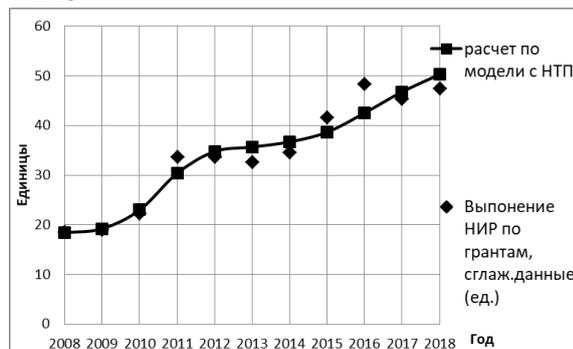


Рисунок 3.58 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.43), сглаженные данные

В случае сглаживания исходных статистических данных существенно улучшаются аппроксимативные свойства модели – коэффициент детерминации, для модели с учетом НТП(3.43) $R^2=0,9336$. В моделях (3.42) и (3.43) преобладает факторная эластичность ψ затрат на НИОКР, включающих бюджет НИЧ вуза K_3 и общее количество студентов принятых в вуз – L_1 , чел.

По математическим моделям f_{31} , f_{32} и f_{33} (3.38) – (3.43) можно сделать следующий вывод:

1. Наибольшую значимость ε в моделях f_{31} (3.38) и (3.39) имеет фактор ψ затрат на НИОКР, включающих бюджет НИЧ вуза K_3 .
2. Наибольший вклад в процессе выполнения НИР по грантам G , оказывает L_2 общее количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг моделям f_{32} (3.40) и (3.41).
3. По моделям f_{33} (3.42) и (3.43) наибольшую значимость оказывают затраты на НИОКР K_3 , включающие бюджет НИЧ вуза, так же как и в f_{31} , затем ресурс L_1 общего количества студентов, принятых в вуз.

Сформируем сводную математическую модель g_3 , где входами будут наиболее значимые, полученные из предыдущих моделей (3.38) – (3.43) факторы, влияющие на выполнение НИР по грантам G : затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза – K_3 , тыс. руб.; общее количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных

образовательных услуг – L_2 , чел. и общее количество студентов принятых в вуз – L_1 , чел. СМММ представим в виде (3.44), а СМММ с учетом НТП в виде (3.45).

$$G(t) = A \cdot K_3(t)^\psi \cdot L_2(t)^\beta \cdot L_1(t)^\alpha, \quad (3.44)$$

$$G(t) = A \cdot K_3(t)^\psi \cdot L_2(t)^\beta \cdot L_1(t)^\alpha \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.45)$$

где $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\psi \in [0, \psi_{\max}] \subset R_n$, $\beta \in [0, \beta_{\max}] \subset R_n$, $\alpha \in [0, \alpha_{\max}] \subset R_n$, $\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

Параметры моделей выполнения НИР по грантам G в вариантах СМММ (3.44) и СМММ (3.45) с учетом НТП представлены в таблице 3.17 и на рисунках 3.59 и 3.60.

Таблица 3.17 - Характеристики математических моделей (3.44) и (3.45)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.44)	с учётом НТП (3.45)	без учёта НТП (3.44)	С учётом НТП (3.45)
A		4,4E-06	3,9E-06	2,2E-06	2,6E-13
K_3 – затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза	ψ	1,013	1,019	0,684	1,614
L_2 – общее количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг	β	0,372	0,37	0,216	-0,698
L_1 – Общее количество студентов принятых в вуз	α	-0,02	-0,012	0,723	2,136
Фактор НТП	λ		-0,001		-0,122
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	2,528	2,527	1,678	2,54
Коэффициент детерминации	R^2	0,692	0,692	0,951	0,97
Критерий Фишера	F	5,249	3,375	45,756	48,154

Как видно из таблицы 3.17, наибольшую факторную эластичность ψ имеет ресурс затрат на НИОКР, включающий бюджет НИЧ вуза – K_3 . При учете в модели влияния НТП (3.45) факторная эластичность ϵ затрат на НИОКР K_3 , увеличивается на 12 %. Коэффициент детерминации у математических моделей (3.44) и (3.45) достаточно низкий, R^2 находится в районе 0,692.

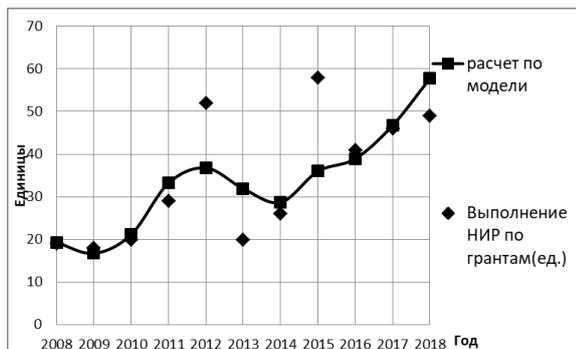


Рисунок 3.59 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.44)

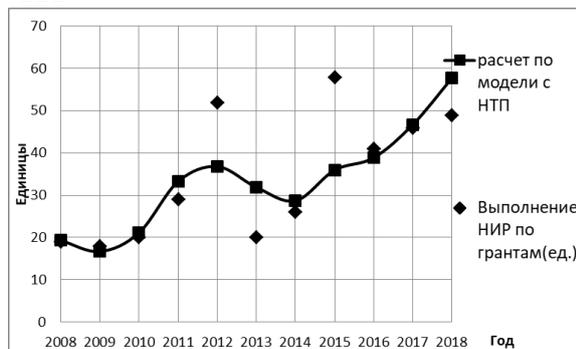


Рисунок 3.60 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.45)

В таблице 3.17 представлены параметры моделей по сглаженным данным в вариантах СМММ (3.44) и СМММ с учетом НТП (3.45). При сглаживании исходных данных, как видно из таблицы 3.17 и рисунков 3.61 и 3.62, наибольшую факторную эластичность ε имеет ресурс K_3 затраты на НИОКР, включающий бюджет НИЧ вуза и общее количество студентов принятых в вуз L_1 . Математические модели СМММ (3.44) и (3.45), построенные по сглаженным исходным статистическим данным, имеют высокие аппроксимативные и прогностические свойства.

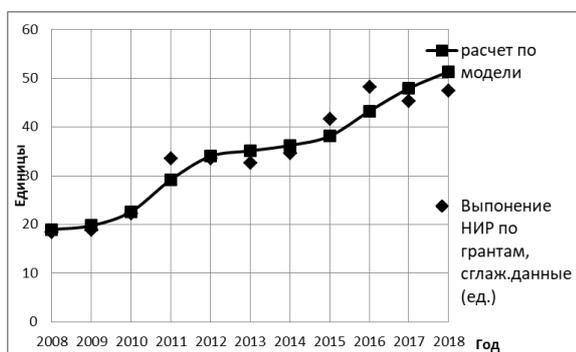


Рисунок 3.61 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.44), сглаженные данные

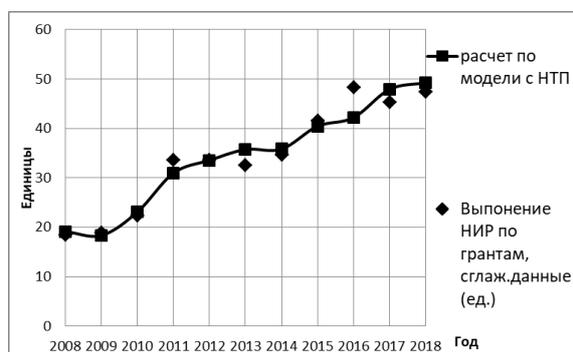


Рисунок 3.62 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.45), сглаженные данные

3.6.4. Математическая модель объектов интеллектуальной собственности

Составим ряд математических моделей и проанализируем результаты моделирования по выходному параметру I – генерация объектов интеллектуальной собственности.

У первого типа моделей f_{41} будут следующие входные характеристики вуза: общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук – L_4 , чел.; общий объем бюджетных средств вуза – K_1 , тыс. руб. и общая

численность работников – L_3 , чел. Выходом математической модели будет генерация объектов интеллектуальной собственности – I , ед.

СМММ представим в виде (3.46), а СМММ с учетом НТП в виде (3.47).

$$I(t) = A \cdot L_4(t)^\eta K_1(t)^\gamma L_3(t)^\theta, \quad (3.46)$$

$$I(t) = A \cdot L_4(t)^\eta K_1(t)^\gamma L_3(t)^\theta \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.47)$$

где I – генерация объектов интеллектуальной собственности (ед.),
 $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\eta \in [0, \eta_{\max}] \subset R_n$, $\gamma \in [0, \gamma_{\max}] \subset R_n$, $\theta \in [0, \theta_{\max}] \subset R_n$,
 $\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

Результаты моделирования, отражающие влияние характеристик вуза на генерацию объектов интеллектуальной собственности I в вариантах СМММ (3.46) и СМММ с учетом НТП (3.47) представлены в таблице 3.18 и на рисунках 3.63 и 3.64.

Таблица 3.18 - Характеристики математических моделей (3.46) и (3.47)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.46)	с учётом НТП (3.47)	без учёта НТП (3.46)	с учётом НТП (3.47)
A		0,002	1,5E+21	0,014	0,001
L_4 - Общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук	η	-5,192	-12,748	-5,1472	-4,785
K_1 - Общий объем бюджетных средств вуза	γ	1,455	-0,991	1,542	1,82
L_3 - Общая численность работников	θ	3,088	6,243	2,671	2,636
Фактор НТП	λ		0,52		-0,046
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	2,271	2,885	0,85	0,888
Коэффициент детерминации	R^2	0,704	0,856	0,881	0,881
Критерий Фишера	F	5,544	8,934	17,195	11,086

Как видно из таблицы 3.18, в математической модели (3.46) наибольшую факторную эластичность имеет ресурс L_4 общей численности работников с учеными степенями доктора и кандидата наук и L_3 общей численности работников. Коэффициент детерминации для модели с учетом НТП (3.47), равен $R^2=0,856$, а для модели без учета НТП (3.46) - $R^2=0,704$.

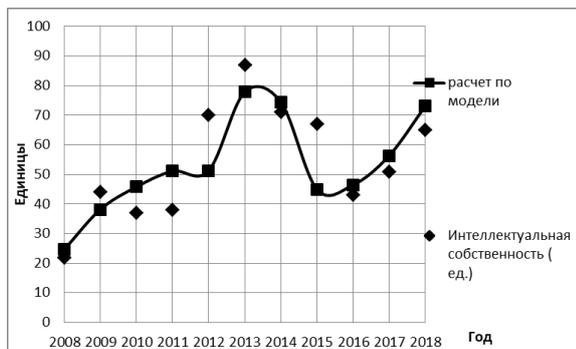


Рисунок 3.63 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.46)

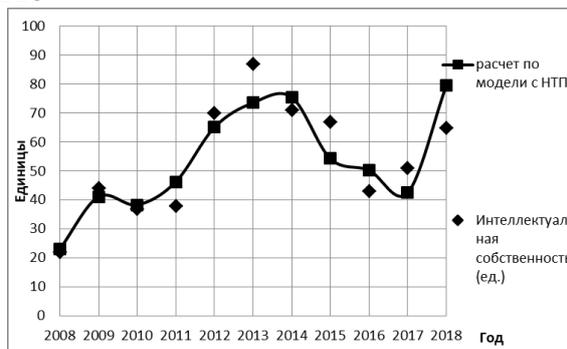


Рисунок 3.64 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.47)

Параметры математических моделей по сглаженным исходным статистическим данным в вариантах СМММ (3.46) и СМММ с учетом НТП (3.47) представлены в таблице 3.18 и на рисунках 3.65 и 3.66.

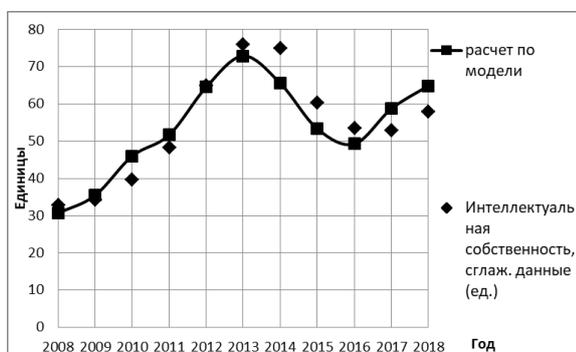


Рисунок 3.65 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.46), сглаженные данные

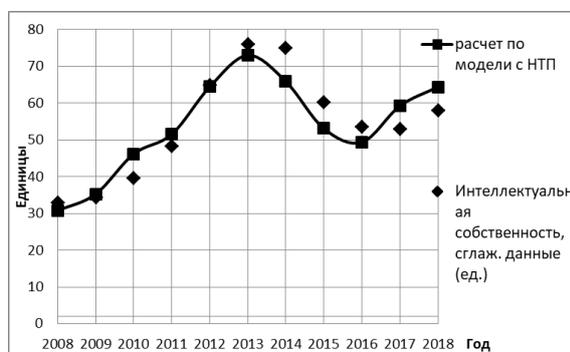


Рисунок 3.66 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.47), сглаженные данные

В построенных математических моделях (3.46) и (3.47) наибольшую значимость по сглаженным данным имеет фактор общей численности работников с учеными степенями доктора и кандидата наук в вузе – L_4 , чел. Аппроксимативные свойства моделей хорошие.

Построим модели f_{42} со следующими входными характеристиками: общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук – L_4 , чел.; затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза – K_3 , тыс. руб. и общий объем средств вуза – K_2 , тыс. руб. Выходом модели будет генерация объектов интеллектуальной собственности – I , ед.

СМММ представим в виде (3.48), а СМММ с учетом НТП в виде (3.49).

$$I(t) = A \cdot L_4(t)^\eta K_3(t)^\psi K_2(t)^\delta, \quad (3.48)$$

$$I(t) = A \cdot L_4(t)^\eta K_3(t)^\psi K_2(t)^\delta \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.49)$$

где $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\eta \in [0, \eta_{\max}] \subset R_n$, $\psi \in [0, \psi_{\max}] \subset R_n$, $\delta \in [0, \delta_{\max}] \subset R_n$,
 $\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

Параметры моделей по исходным статистическим данным в вариантах СМММ (3.48) и СМММ с учетом НТП (3.49) представлены в таблице 3.19 и на рисунках 3.67 и 3.68.

Таблица 3.19 - Характеристики математических моделей (3.48) и (3.49)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.48)	с учётом НТП (3.49)	без учёта НТП (3.48)	с учётом НТП (3.49)
A		0,007	1,1E+18	0,09	6,3E+23
L_4 - Общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук	η	-1,548	-3,576	-1,626	-3,547
K_3 - Затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза	ψ	0,806	-1,264	1,16	-1,215
K_2 - Общий объем средств вуза	δ	0,603	-1,615	0,147	-0,963
Фактор НТП	λ		0,436		0,364
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	1,453	2,72	0,599	1,868
Коэффициент детерминации	R^2	0,335	0,899	0,555	0,965
Критерий Фишера	F	1,175	13,483	2,905	40,725

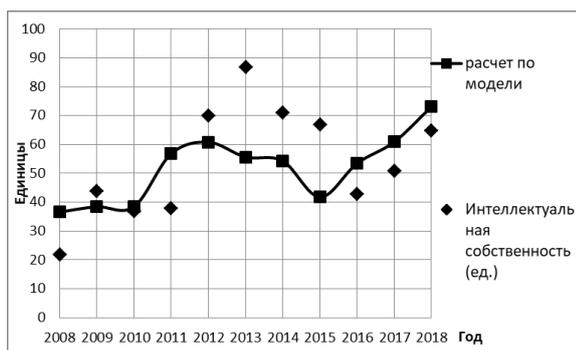


Рисунок 3.67 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.48)

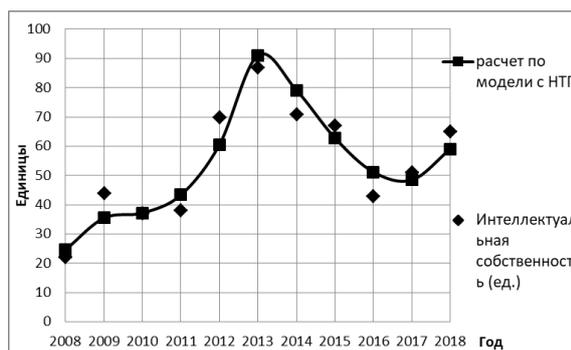


Рисунок 3.68 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.49)

Как видно из таблицы 3.19 и графиков на рисунках 3.67 и 3.68, наибольшую факторную эластичность по модели без учета НТП (3.48) в генерации объектов интеллектуальной собственности I имеет ресурс L_4 численности работников с учеными степенями и затраты на НИОКР K_3 . При добавлении в модель фактора НТП (3.49) ресурс численности работников с

учеными степенями L_4 увеличивается в два раза, при этом степень влияния самого фактора НТП мала и $\lambda=0,436$.

В таблице 3.19 и на рисунках 3.69 и 3.70 представлены параметры моделей влияния характеристик вуза на генерацию объектов интеллектуальной собственности I по сглаженным исходным статистическим данным в вариантах СМММ (3.48) и СМММ с учетом НТП (3.49).

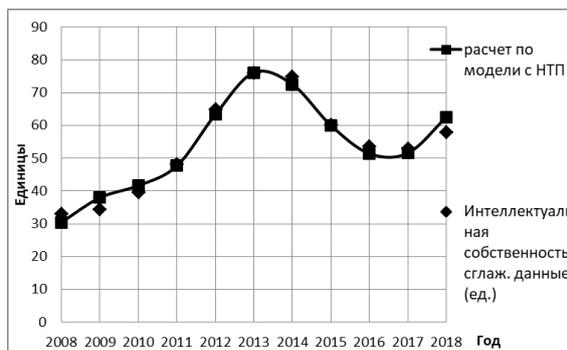
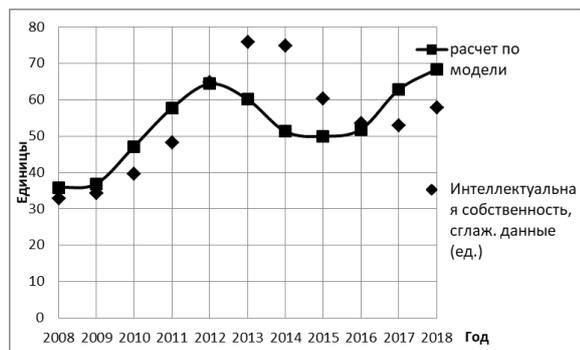


Рисунок 3.69 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.48), сглаженные данные

Рисунок 3.70 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.49), сглаженные данные

Наибольшую факторную эластичность как и по моделям (3.48) и (3.49), построенным по несглаженным статистическим данным, по модели без учета НТП и с учетом НТП имеет ресурс численности работников с учеными степенями L_4 и затраты на НИОКР K_3 .

Последним этапом построим модели f_{43} (3.50) и (3.51) влияния показателей вуза на генерацию объектов интеллектуальной собственности — I , ед. со следующими комбинациями входных характеристик: общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук — L_4 , чел.; общее количество студентов, принятых в вуз — L_1 , чел. и общее количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг — L_2 , чел.

СМММ представим в виде (3.50), а СМММ с учетом НТП в виде (3.51).

$$I(t) = A \cdot L_4(t)^\eta L_1(t)^\alpha L_2(t)^\beta, \quad (3.50)$$

$$I(t) = A \cdot L_4(t)^\eta L_1(t)^\alpha L_2(t)^\beta \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.51)$$

где $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\eta \in [0, \eta_{\max}] \subset R_n$, $\alpha \in [0, \alpha_{\max}] \subset R_n$, $\beta \in [0, \beta_{\max}] \subset R_n$, $\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

Параметры математических моделей по исходным статистическим данным в вариантах СМММ (3.50) и СМММ с учетом НТП(3.51) представлены в таблице 3.20 и на рисунках 3.71 и 3.72.

Таблица 3.20 - Характеристики математических моделей (3.50) и (3.51)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.50)	с учётом НТП (3.51)	без учёта НТП (3.50)	с учётом НТП (3.51)
A		0,011	5,7E+11	0,005	30996,21
L_4 - Общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук	η	-0,786	-3,531	-2,072	-3,362
L_1 - Общее количество студентов принятых в вуз	α	1,676	-0,165	2,962	2,486
L_2 - Общее количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг	β	-0,045	0,025	-0,232	-0,704
Фактор НТП	λ		0,22		0,09
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	1,86	2,218	1,601	3,055
Коэффициент детерминации	R^2	0,333	0,712	0,954	0,987
Критерий Фишера	F	1,167	3,7	47,918	118,358

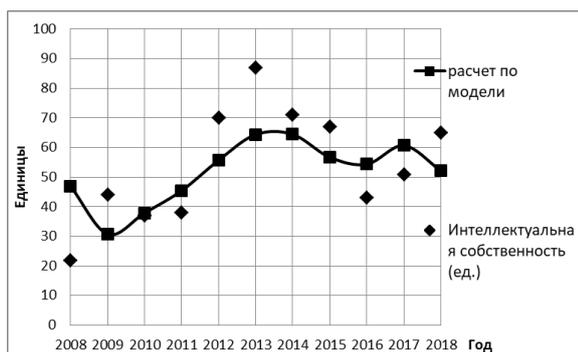


Рисунок 3.71 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.50)

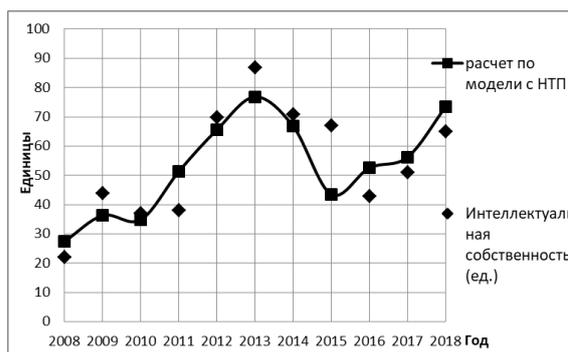


Рисунок 3.72 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.51)

Наибольшую факторную эластичность η в математической модели (3.50) имеет ресурс L_4 общей численности работников с учеными степенями доктора и кандидата наук и общее количество студентов, принятых в вуз L_1 , т. е. эти ресурсы являются основными при анализе влияния показателей вуза на генерацию объектов интеллектуальной собственности I .

Параметры моделей по сглаженным статистическим данным в вариантах СМММ (3.50) и СМММ с учетом НТП (3.51) представлены в таблице 3.20 и на рисунках 3.73 и 3.74.

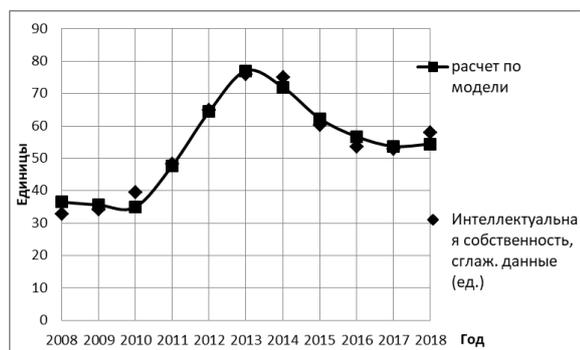


Рисунок 3.73 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.50), сглаженные данные

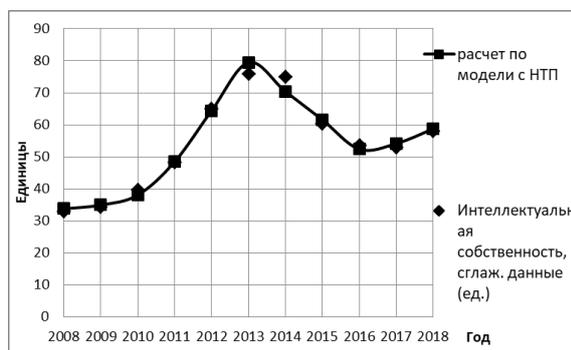


Рисунок 3.74 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.51), сглаженные данные

При сглаживании исходной статистики существенно улучшается качество модельных решений. Наибольшую факторную эластичность η в модели без НТП (3.50), как и в случае с несглаженной статистикой, имеет ресурс L_4 общей численности работников с учеными степенями доктора и кандидата наук и общее количество студентов принятых в вуз L_1 .

В ходе создания математических моделей f_{41} , f_{42} и f_{43} (3.46) – (3.51) влияния основных показателей вуза на генерацию объектов интеллектуальной собственности I получены следующие результаты:

1. По результатам моделирования f_{41} (3.46) и (3.47) наибольшую значимость имеет фактор L_4 общей численности работников с учеными степенями доктора и кандидата наук и общая численность работников – L_3 .
2. Наибольшую факторную эластичность η и ε по моделям f_{42} (3.48) и (3.49) имеет ресурс L_4 численности работников с учеными степенями и K_3 затраты на НИОКР.
3. В модели f_{43} (3.50) и (3.51) наибольшую факторную эластичность η и α имеет ресурс L_4 общей численности работников с учеными степенями доктора и кандидата наук и общее количество студентов, принятых в вуз L_1 .

Сформируем математическую модель g_4 влияния основных показателей вуза на генерацию объектов интеллектуальной собственности I , где входами будут наиболее значимые, полученные из предыдущих моделей (3.46-3.51) факторы: общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук – L_4 , чел.; общая численность работников – L_3 , чел. и общее количество студентов принятых в вуз – L_1 , чел.

СМММ по несглаженным данным представим в виде (3.52), а СМММ с учетом НТП в виде (3.53).

$$I(t) = A \cdot L_3(t)^\theta \cdot L_4(t)^\eta \cdot L_1(t)^\alpha, \quad (3.52)$$

$$I(t) = A \cdot L_3(t)^\theta \cdot L_4(t)^\eta \cdot L_1(t)^\alpha \cdot e^{\lambda t}, \quad (3.53)$$

где $A \in (0, A_{\max}] \subset R_n$, $\theta \in [0, \theta_{\max}] \subset R_n$, $\eta \in [0, \eta_{\max}] \subset R_n$, $\alpha \in [0, \alpha_{\max}] \subset R_n$, $\lambda \in [0, \lambda_{\max}] \subset R_n$.

В таблице 3.21 и на рисунках 3.75 и 3.76, представлены параметры моделей по исходным статистическим данным в вариантах СМММ (3.52) и СМММ с учетом НТП (3.53).

Таблица 3.21 - Характеристики математических моделей (3.52) и (3.53)

Параметры	Факторные эластичности, параметры модели	Несглаженные данные		Сглаженные данные	
		без учёта НТП (3.52)	с учётом НТП (3.53)	без учёта НТП (3.52)	с учётом НТП (3.53)
A		0,073	1,9E+09	0,006	5,7E+01
L_3 - Общая численность работников	θ	-0,691	6,822	-0,262	3,465
L_4 - Общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук	η	-0,025	-12,023	-1,647	-6,89
L_1 - Общее количество студентов принятых в вуз	α	1,467	0,696	2,649	2,051
Фактор НТП	λ		0,3164		0,13
Критерий Дарбина-Уотсона	DW	1,845	2,944	1,743	3,57
Коэффициент детерминации	R^2	0,336	0,855	0,952	0,99
Критерий Фишера	F	1,177	8,858	46,51	234,92

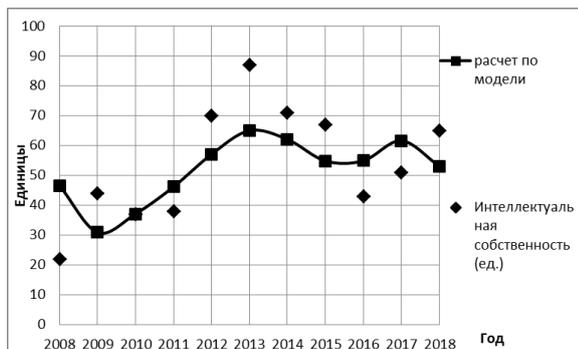


Рисунок 3.75 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.52)

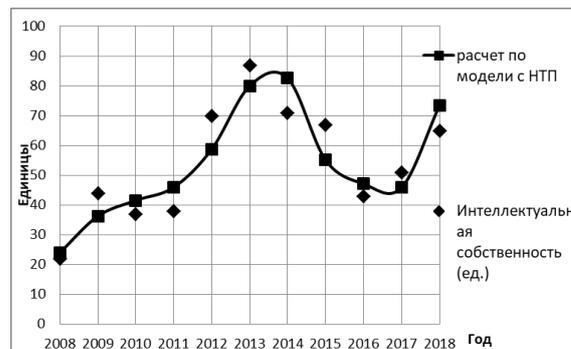


Рисунок 3.76 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.53)

Из разработанных математических моделей (3.52) и (3.53) следует, что высокая эффективность общей численности работников с учеными степенями L_4 и общее количество студентов, принятых в вуз L_1 , обеспечивают существенный вклад в выходной ресурс генерации объектов интеллектуальной собственности I . Добавление фактора НТП (3.53) в модель улучшает аппроксимативные свойства модели.

Параметры математических моделей по сглаженным исходным статистическим данным в вариантах СМММ (3.52) и СМММ с учетом НТП (3.53) представлены в таблице 3.21 и на рисунках 3.77 и 3.78.

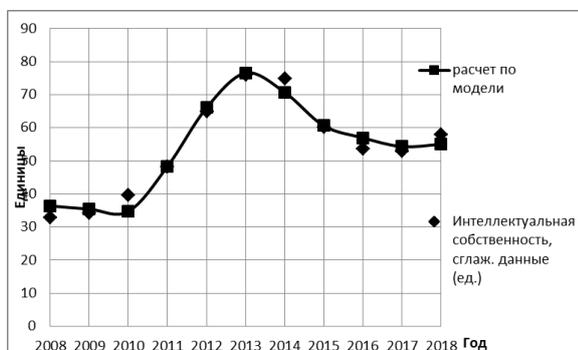


Рисунок 3.77 - Результаты моделирования для СМММ без учета НТП (3.52), сглаженные данные

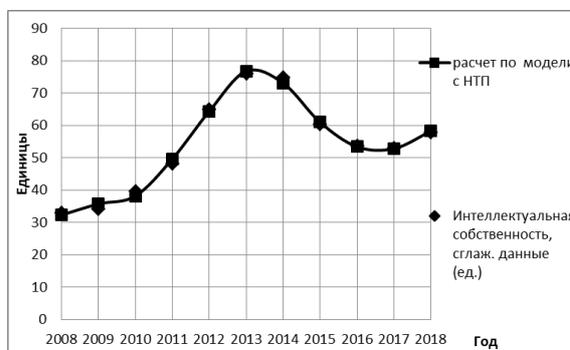


Рисунок 3.78 - Результаты моделирования для СМММ с учетом НТП (3.53), сглаженные данные

Как видно из графиков 3.77 и 3.78 и из таблицы 3.21, сглаживание исходных данных позволило увеличить аппроксимативные свойства моделей (3.52) и (3.53) – $R^2 = 0,952$ и $R^2 = 0,99$ соответственно. Существенный вклад в процесс генерации объектов интеллектуальной собственности I в моделях имеет фактор общей численности работников с учеными степенями L_4 и общее количество студентов, принятых в вуз L_1 .

3.7. Прогнозирование потребности в кадрах нефтяной отрасли Самарской области

Одним из наиболее распространенных методов прогнозирования промышленно-производственных и социально-экономических процессов является экстраполяция, т. е. продление тенденции и закономерностей, связей и соотношений прошлого и настоящего на будущее.

Методы прогнозирования подразделяются на два основных типа: исследовательские (основаны на экстраполяции тенденций прошлого на будущее) и нормативные (строятся на применении установленных норм и нормативов, например метод Дельфи). Существует большое количество методов прогнозирования, например анализ множественной регрессии и методика «Бокс Дженкинс», которая является экспериментальным подходом к определению наиболее подходящей модели, соотносящейся с историческими данными [160].

Широкое практическое применение методов экстраполяции трендов объясняется их простотой, сравнительно небольшим объемом информации и четкостью механизма реализации лежащих в его основе предпосылок. Однако при этом следует иметь в виду следующее:

1. Выбранная для прогнозирования функция дает лишь приближенную оценку тенденции, так как она не является единственно возможной.

2. Статистическое прогнозирование осуществляется на основе ограниченного объема информации, что, в свою очередь, сказывается на величине доверительных интервалов прогноза.

3. Наличие в исходном временном ряду случайного компонента приводит к тому, что любой прогноз осуществляется лишь с определенной долей вероятности.

Кроме того, рассматривая интервальные или точечные оценки прогноза следует учитывать, что в отдельных случаях получение более точных оценок не гарантирует надежности прогноза [134].

В зависимости от степени конкретности и характера воздействия на ход исследуемых процессов и явлений можно выделить три основных понятия прогнозирования: гипотеза; предсказание; прогноз.

По времени упреждения выделяются следующие прогнозы социально-экономических явлений и процессов: текущий, краткосрочный (1-3 года), среднесрочный (3 – 5 лет), долгосрочный (5 – 10 лет), дальнесрочный (10 и более [79, 160].

С целью проверки методологии по математическим моделям СМММ $g_1(3.29)$, $g_2(3.37)$, $g_3(3.45)$, $g_4(3.53)$ за 2008-2018 годы, построим прогноз на 2019 и 2020 годы.

Прогноз по моделям СМММ с учетом НТП и сравнение с исходным статистическими данным на 2019 и 2020 год представлено на рисунке 3.79-3.82.

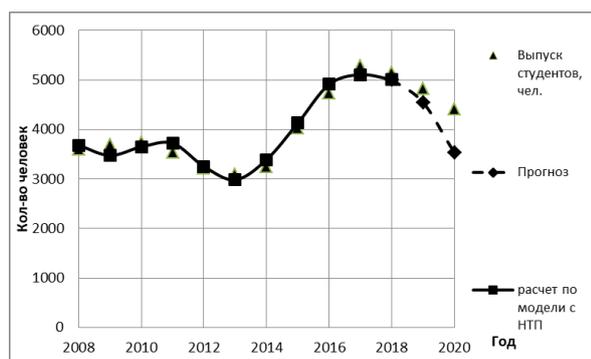


Рисунок 3.79 - Результаты моделирования и прогноз S по модели g_1

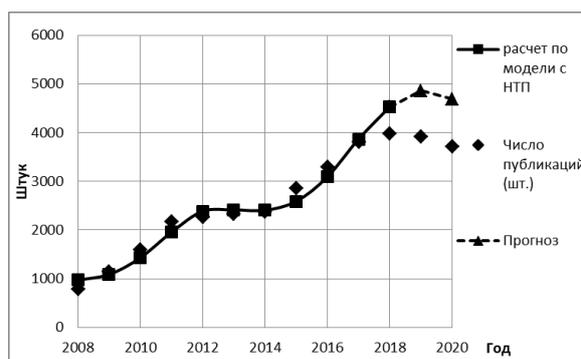


Рисунок 3.80 - Результаты моделирования и прогноз P по модели g_2

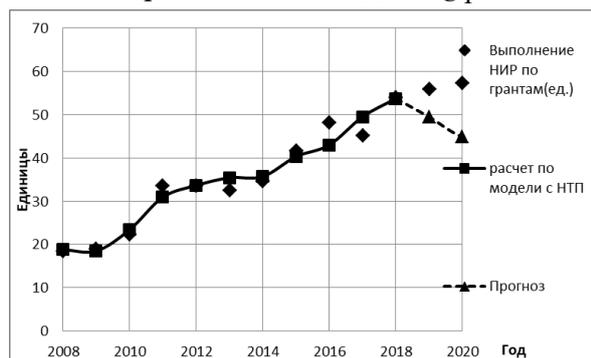


Рисунок 3.81 - Результаты моделирования и прогноз G по модели g_3

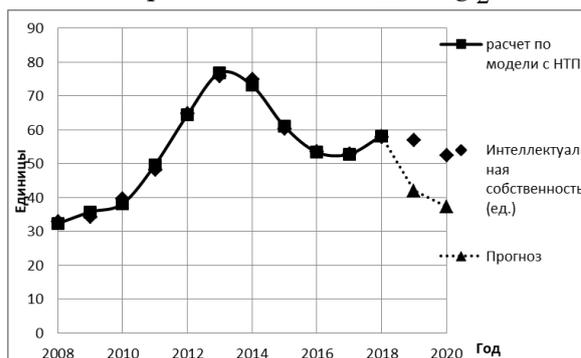


Рисунок 3.82 - Результаты моделирования и прогноз I по модели g_4

По рисункам 3.79-3.82 можно сделать вывод, что фактические и расчетные значения отличаются в среднем на 20% [140 - 144].

Полученные результаты подтверждают пригодность математических моделей для краткосрочных и среднесрочных прогнозов и принятия

управленческих решений. Для долгосрочных и среднесрочных прогнозов, очевидно, необходимо подвергать модели периодической параметрической идентификации.

Построим прогноз до 2020 года функционирования промышленности в этот период по математическим моделям F_1, F_2, F_3 . При составлении прогноза на длительный временной период увеличивается ошибка прогнозирования. На рисунке 3.83 представлен прогноз, отражающий влияние показателей вуза на количество нефти, поступившей на переработку в Самарскую область Y_1 до 2020 года, на рисунке 3.84 показан прогноз, построенный по математической модели (3.19), отражающий влияние показателей вуза на среднегодовую производственную мощность нефти, поступившую на переработку в Самарскую область Y_2 до 2020 года, а на рисунке 3.85 - прогноз по математической модели (3.21), отражающий влияние показателей вуза на производство нефтепродуктов в Самарской области Y_3 до 2020 года.

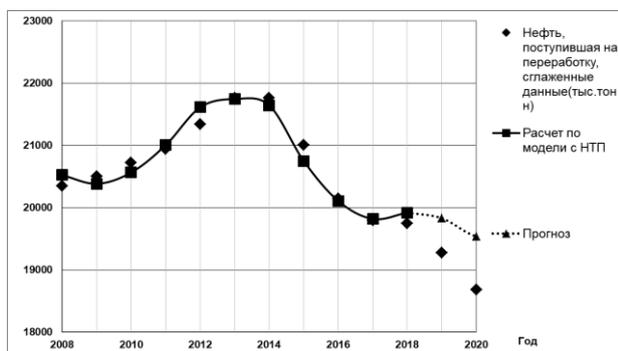


Рисунок 3.83 - Прогноз Y_1 по модели F_1

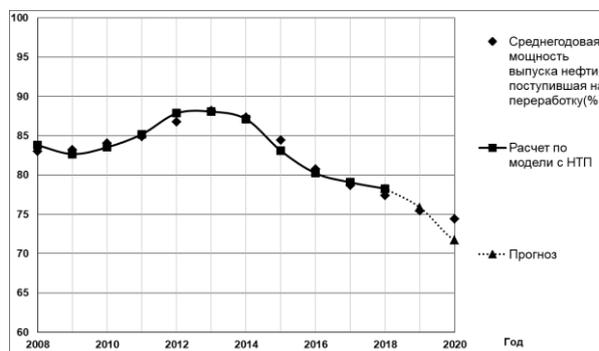


Рисунок 3.84 - Прогноз Y_2 по модели F_2

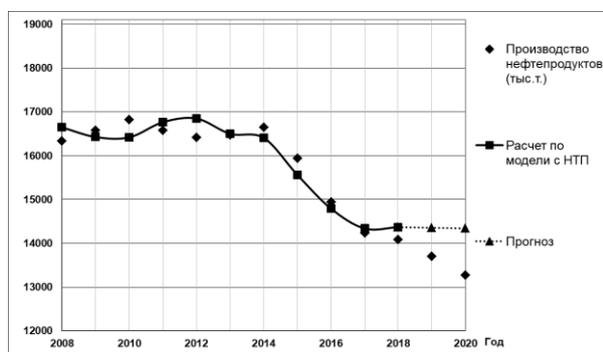


Рисунок 3.85 - Прогноз Y_3 по модели F_3

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. Из

прогноза (см. рисунок 3.83) по исходным данным (выпуск специалистов и НИР в СамГТУ) видно, что в случае бескризисного регулярного развития добыча нефти Y_1 в течение исследуемого периода уменьшалась бы. По модели (3.21)

полученный прогноз производства нефтепродуктов Y_3 , представленный на рисунке 3.85 показывает что с 2019 году не произойдет изменений в количестве произведенного бензина, дизельного топлива и топочного мазута. По прогнозу, представленному на рисунке 3.84, видно, что с 2018 по 2019 годы происходит снижение среднегодовой производственной мощности нефти Y_2 на 2 %, а с 2019 года наблюдается некоторый рост показателя на 1 % в год в случае отсутствия экономических изменений.

Рисунки 3.83-3.85 демонстрируют достаточно высокую сходимость прогноза с реальными данными. Увеличение погрешности прогноза в период 2019-2022 годов 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 годах. 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. Следует отметить, что кадровое влияние на работу нефтяного комплекса является очень важным, но не исчерпывающим для оценки выходных производственных показателей. Например, если состояние финансового обеспечения, оборудования и обустройства промыслов прогнозируемо, то внешние факторы вносят, как показывает практика, заметные коррективы, а их не всегда можно учесть. Методика, 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 2019-2020 годах. Модели имеют простую структуру, не требуют значительных вычислительных ресурсов и могут

корректироваться с поступлением репрезентативной статистической информации.

3.8. Многокритериальное оценивание относительной сравнительной эффективности DEA кадрового обеспечения нефтяной отрасли

Важной частью анализа и принятия управленческих решений является оценка комплексной эффективности функционирования отрасли, цель которой – получение интегральных показателей качества, характеризующих системную эффективность функционирования объекта исследования. Существует большое количество методов оценивания, например способ Парето, метод скаляризации, методы экспертных и балльных оценок, метод «мозгового штурма», метод Дельфи, метод Data Envelopment Analysis и др. [44, 78].

Для сравнительной оценки эффективности в рассматриваемом периоде времени с 2008 по 2020 годы по моделям с учетом НТП (3.17), (3.19) и (3.21) и по прогнозу кадрового обеспечения нефтяной отрасли Самарской области по всем четырем входным показателям вуза и трем выходным показателям нефтяной отрасли воспользуемся методикой многокритериального оценивания сравнительной эффективности – Data Envelopment Analysis (DEA). Эта задача сводится к задаче математического программирования:

$$f_i = \max_{u_{in}, v_{jn} \in G} \frac{u_{1n} \cdot Y_{1n} + u_{2n} \cdot Y_{2n} + u_{3n} \cdot Y_{3n}}{v_{1n} \cdot S_n + v_2 \cdot P_n + v_3 \cdot G_n + v_4 \cdot I_n} \quad (3.54)$$

в условиях ограничений, определяющих область значений S_n, P_n, G_n, I_n и весовых коэффициентов u_{in} и v_{jn} :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{u_{11} \cdot Y_{11} + u_{21} \cdot Y_{21} + u_{31} \cdot Y_{31}}{v_{11} \cdot S_1 + v_{21} \cdot P_1 + v_{31} \cdot G_1 + v_{41} \cdot I_1} \leq 1, \\ \frac{u_{12} \cdot Y_{12} + u_{22} \cdot Y_{22} + u_{32} \cdot Y_{32}}{v_{12} \cdot S_2 + v_{22} \cdot P_2 + v_{32} \cdot G_2 + v_{42} \cdot I_2} \leq 1, \\ \dots \\ \frac{u_{1n} \cdot Y_{1n} + u_{2n} \cdot Y_{2n} + u_{3n} \cdot Y_{3n}}{v_{1n} \cdot S_n + v_{2n} \cdot P_n + v_{3n} \cdot G_n + v_{4n} \cdot I_n} \leq 1, \\ u_{in} \geq 0; v_{jn} \geq 0 \end{array} \right. \quad (3.55)$$

$$i = \{1, 2 \dots k\}; j = \{1, 2 \dots m\}; n = \{1, 2 \dots N\}.$$

где Y_1 - нефть, поступившая на переработку в Самарской области (тыс. т), Y_2 - среднегодовая производственная мощность нефти, поступившей на переработку в Самарскую область (%), Y_3 - производство нефтепродуктов Самарской области (тыс. т), S - выпуск студентов СамГТУ (чел.); P - общее число научных публикаций (шт.), G - выполнение НИР по грантам(ед.), I - генерация объектов интеллектуальной собственности(ед.), u_1, u_2, u_3 – положительные весовые коэффициенты, характеризующие относительный вклад каждого из выходных факторов Y_i в суммарный коэффициент эффективности f , а соответственно v_1, v_2, v_3, v_4 – весовые коэффициенты входных величин, подлежащие определению в ходе процедуры DEA.

Метод DEA реализует непараметрический подход к определению обобщённой эффективности и ранжированию процессов и производств, использующих в нашем случае 4 входных ресурса для преобразования их в 3 выходные характеристики. Суть этого подхода состоит в построении областей сравнительной эффективности по эмпирическим данным о функционировании различных объектов (процессов). Каждому объекту соответствует точка в многомерном пространстве: затраты – выпуск. Решения соответствующих оптимизационных задач дают весовые коэффициенты эффективности, которые определяют сравнительную эффективность каждого объекта. Границу эффективности определяют объекты, показатель эффективности которых является максимальным (в рассматриваемом случае он равен единице).

На рисунке 3.86 и в таблице 3.22 представлены показатели сравнительной оценки относительной эффективности кадрового обеспечения нефтяной отрасли в Самарской области.

Таблица 3.22 - Сравнительная эффективность по годам

Годы	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
f	1,00	0,98	0,81	0,85	0,87	1,00	0,95	0,85

Годы	2016	2017	2018	2019	2020
f	0,58	0,57	0,54	0,57	0,58

При решении оптимизационной задачи на 13 временных точках получаем показатели обобщённой эффективности в исследуемый период, проранжированные на интервале $[0,1]$.



Рисунок 3.86 - Показатели сравнительной эффективности кадрового обеспечения нефтяной отрасли с 2008 по 2020 год

Из таблицы 3.22 видно, что полученные DEA-оценки можно разделить на 4 группы, значения которых представлены в таблице 3.23.

Таблица 3.23 - Группы сравнительной эффективности по годам DEA-оценки

Группа	f	Годы				
		2008	2013			
I	1,00	2008	2013			
II	$0,9 < f < 0,98$	2009	2014			
III	$0,8 < f < 0,9$	2010	2011	2012	2015	
IV	$f < 0,9$	2016	2017	2018	2019	2020

К I группе относятся годы с максимальным значением сравнительной эффективности: в 2008 и 2013 годах сравнительная эффективность кадрового обеспечения отрасли была максимальной и равна 1 и вуз, в целом, удовлетворял потребности области в молодых специалистах. С 2013 до 2018 года наблюдается спад относительной эффективности производства и снижение относительной эффективности до минимального уровня – $f_{\min} = 0,54$. Затем по прогнозным значениям наблюдается рост относительной эффективности до 0,58 к 2020 году. К IV группе относятся годы с минимальным значением сравнительной эффективности: 2016 – 2020. Это связано с тем, что система образования с запаздыванием реагирует на изменения, происходящие в промышленности.

3.9. Выводы по третьей главе

В третьей главе предложена методика анализа кадрового потенциала областной нефтяной промышленности с использованием математического моделирования и получены следующие результаты:

1. Разработана структура регрессионных степенных мультипликативных многофакторных математических моделей, отражающих существенные причинно-следственные связи кадрового обеспечения регионального производственного комплекса «вуз-нефтяной кластер».
2. Разработаны математические модели вуза, отражающие влияние ресурсов регионального вуза на его показатели подготовки кадров.
3. Выявлены наиболее значимые системные связи на основе анализа чувствительности моделей к входным факторам.
4. Выбраны критерии адекватности и верификации математических моделей.
5. Проведена сравнительная комплексная многокритериальная оценка относительной эффективности кадрового обеспечения региональной нефтяной промышленности.
6. Построен среднесрочный ретроспективный и перспективный прогнозы влияния подготовки кадров в СамГТУ на эффективность нефтяной отрасли Самарской области с использованием полученных модельных решений.
7. Полученные автором функционально ориентированные на применение в АСУП регрессионные СМММ позволяют прогнозировать влияние индикаторов подготовки кадров в региональном вузе области на развитие нефтяной отрасли и наметить меры по развитию отрасли, университета и форм их взаимодействия.

Следует отметить, что в работе из общего числа факторов анализируется влияние исключительно подготовки и выпуска специалистов СамГТУ на эффективность областного нефтяного кластера и установлено существенное влияние на производство указанного фактора. При этом следует принимать во внимание влияние многочисленных иных факторов, в частности оборудования месторождений, экономическую, социальную и политическую конъюнктуру и

т.д. Следует подчеркнуть, сохранение высокой актуальности прогнозирования на математических моделях, построенных в условиях бескризисного развития в периоды кризисов. Эти прогнозы определяют долгосрочные перспективы, отражают фундаментальные тенденции, что особенно необходимо при планировании кадрового обеспечения отрасли. В долгосрочной перспективе кадровое обеспечение определяющим образом влияет на производительность, конкурентоспособность и финансовые показатели нефтяного кластера.

4. ДИНАМИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАДРОВЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ РЕГИОНАЛЬНОГО НЕФТЯНОГО КЛАСТЕРА

4.1. Постановка задачи идентификации динамическими моделями кадрового обеспечения нефтяного кластера как объекта управления

Системный анализ комплекса «вуз – нефтяной кластер» направлен на перспективу управления этим комплексом.

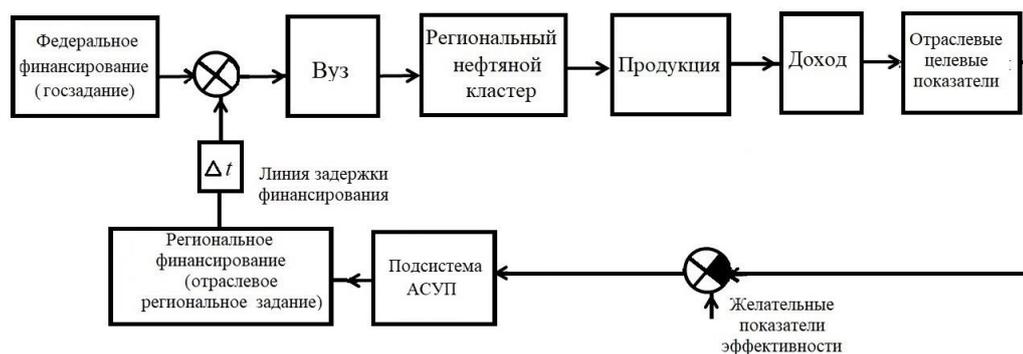


Рисунок 4.1 – Обобщенная схема кадрового обеспечения в комплексе «вуз – нефтяной кластер»

На рисунке 4.1 представлена обобщенная схема кадрового обеспечения в комплексе «вуз - нефтяной кластер». Базисом структуры является процесс кадрового обеспечения региональной нефтяной отрасли путем формирования финансируемого регионом задания основных показателей университета. Часть отраслевого дохода направляется на финансирование расходов вуза на целевую подготовку специалистов, проведение НИР в интересах отрасли и т. п. 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. 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.

Модели (3.17), (3.19), (3.21), построенные в форме СМФ (см. раздел 3.3) 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 входов – выходных характеристик в форме дифференциальных уравнений или передаточных функций. Таким образом, возникает задача динамической структурно-параметрической идентификации процесса по официальным статистическим характеристикам в качестве экспериментальных данных.

Состояние рассматриваемой социотехнической системы «вуз – нефтяная промышленность» в общем случае определяются большим количеством случайных внутренних и внешних факторов.

Проблема получения такой динамической модели рассматриваемого организационно-технологического комплекса в общей постановке сводится к решению некорректной задачи [5, 106, 151, 162].

Задача состоит в определении оценки \bar{A} оператора A , переводящего случайный векторный входной сигнал $\bar{x}(t) = (S, P, G, I)$ в случайный выходной сигнал $y(t)$, в качестве которого последовательно рассматривается $Y_1(t)$ – нефть, поступившая на переработку (тыс. т), $Y_2(t)$ – среднегодовая производственная мощность нефти, поступившей на переработку (%) или $Y_3(t)$ – производство нефтепродуктов (тыс. тонн) (см. раздел 3).

$$y(t) = A[x(t)]. \quad (4.1)$$

Эта задача некорректна, так как не имеет единственного решения в общей постановке:

$$\bar{y} = \bar{A} [x(t)], \quad (4.2)$$

$$\bar{A} = \arg \min_A \rho(y, \bar{y}). \quad (4.3)$$

Здесь \bar{y} - реакция модели объекта идентификации при воздействии на входной сигнал оценки \bar{A} оператора A , $\rho(y, \bar{y}) = \|y - \bar{y}\|$ - оценка (метрика) невязки выходного сигнала [5, 106].

Для построения системы с помощью соответствующего регулятора сузим общую постановку (4.1) – (4.3). 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 $y_1 = Y_1$, $y_2 = Y_2$, $y_3 = Y_3$.

$$\sum_{i=0}^3 a_i \frac{d^i \bar{y}_k}{dt^i} = \sum_{\alpha=0}^2 b_\alpha \frac{d^\alpha x_j}{dt^\alpha} \quad (4.4)$$

с нулевыми начальными условиями

$$\bar{y}_k^{(2)}(0) = \bar{y}_k^{(1)}(0) = \bar{y}_k(0) = 0 \quad (4.5)$$

Здесь $\bar{y}_k(t) = \bar{y}_k(t_\sigma) - \bar{y}(t - t_\sigma) = 0$, приращение k -го расчетного показателя эффективности относительно его базового значения $\bar{y}_k(t_\sigma)$ в момент времени $t = t_\sigma$, $\frac{d^0 x}{dt^0} = x$, $\frac{d^0 \bar{y}}{dt^0} = \bar{y}$.

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

$$W(p) = \frac{\sum_{\alpha=0}^2 b_\alpha p^\alpha}{\sum_{i=0}^3 a_i p^i} \quad (4.6)$$

и импульсная переходная характеристика

$$g(\tau) = L^{-1}[W(p)], \quad (4.7)$$

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

$$y_k(t) = \sum_{j=1}^4 \int_0^\infty g_k(\tau) x_j(t - \tau) d\tau, \quad t \geq 0. \quad (4.8)$$

В соответствии с (4.7) и (4.6) идентификация импульсной переходной характеристики $g(\tau)$ эквивалентна идентификации оператора A в форме (4.4). Определение импульсной переходной характеристики $g_k(\tau)$ из интегрального уравнения (4.8) также некорректно, т.к. уравнение имеет неединственное решение, неустойчиво относительно исходных данных $y_k(t)$ и $x_j(t)$, которые в свою очередь содержат ошибку, т.к. являются статистическими данными.

Для регуляризации задачи идентификации перейдем к автокорреляционным $r_{xx}(t)$ (4.9) и взаимным корреляционным $r_{yx}(t)$ (4.10) функциям входных и выходных сигналов, введя допущение о стационарности и эргодичности случайных реализаций $x(t)$ и $y(t)$.

$$r_{xx}(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(\tau)x(t-\tau)d\tau, \quad (4.9)$$

$$r_{yx}(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(\tau)y(t-\tau)d\tau, \quad (4.10)$$

где T - интервал времени наблюдения.

В этих допущениях корреляционные функции входных и выходных сигналов объекта идентификации связаны уравнением Винера-Хопфа[5]:

$$r_{yx}(t) = \int_0^{\infty} g(\tau)r_{xx}(t-\tau)d\tau, \quad t \geq 0 \quad (4.11)$$

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

Для регуляризации задачи опять 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 в таблицу, для широкого круга типовых объектов вида (4.4) [5]. При этом задача становится корректной, а значит устойчивой по входным данным. Это означает, что незначительное расхождение между реальными $r_{xx}(t)$, $r_{yx}(t)$ и табличными значениями $r_{xx}^T(t)$, $r_{yx}^T(t)$ не приведет к существенной ошибке в определении $g(\tau)$, а значит и оператора A в форме (4.4).

Для идентификации будем использовать дифференциальное уравнение, связывающее $r_{yx}^T(t)$ и $r_{xx}^T(t)$, аналогичное (4.4) для линейных стационарных объектов:

$$\sum_{i=0}^3 a_i \frac{d^i r_{k_{yx}}(t)}{dt^k} = \sum_{\alpha=0}^2 b_{\alpha} \frac{d^{\alpha} r_{\alpha_{xx}}(t)}{dt^{\alpha}}, \quad \frac{d^{0i} r_{k_{yx}}}{dt^0} = r_{k_{yx}}, \quad \frac{d^0 r_{k_{yx}}}{dt^0} = r_{k_{yx}}, \quad \frac{d^0 r_{\alpha_{xx}}}{dt^0} = r_{\alpha_{xx}}. \quad (4.12)$$

В силу того, что рассматриваемые объекты устойчивы, на коэффициенты моделей (4.4) и (4.12), согласно критерию устойчивости Раусса-Гурвица, накладываются ограничения

$$a_3 > 0, \quad a_1 > 0, \quad a_2 > 0, \quad a_1 a_2 > a_3 \quad (4.13)$$

Кроме того, значения используемых коэффициентов a_i и b_{α} в (4.4) и в (4.12) лежат в пределах

$$a_{i_{\min}} \leq a_i \leq a_{i_{\max}}, \quad b_{\alpha_{\min}} \leq b_{\alpha} \leq b_{\alpha_{\max}}, \quad (4.14)$$

ограниченной степенью затухания переходного процесса, с одной стороны, и тривиальным совпадением $r_{yx}(t) = r_{xx}(t)$ свидетельствующим о безинерционности объекта управления с другой стороны [5].

Таким образом, условия (4.13), (4.14) и ограничения вида (4.4), определяют совместно с библиотекой таблиц в [5] компактную область корректности задачи идентификации(4.2), (4.3).

4.2. Подготовка исходных данных для идентификации кадрового обеспечения региональным вузом нефтяного кластера как объекта динамического управления

В качестве объекта идентификации рассматриваются модели кадровой компоненты управления нефтяной отраслью Самарской области(3.17), (3.19), (3.21).

Входом x_j , $j = \overline{1,4}$ для моделей вида (4.4) будем считать характеристики регионального вуза: выпуск студентов СамГТУ(чел.) - S , общее число научных публикаций(шт.) - P , выполнение НИР по грантам(ед.) - G и генерация объектов интеллектуальной собственности (ед) - I . В качестве выходных

данных y_k , $k = \overline{1,3}$ примем индикаторы, которыми оценивается эффективность нефтяной отрасли Самарской области: объем нефти, поступившей на переработку (тыс. т) - Y_1 ; среднегодовая производственная мощность нефти, поступившей на переработку (%) - Y_2 и производство нефтепродуктов (тыс. т) - Y_3 .

Статистические данные (рисунки 4.2 – 4.8) будем использовать в непрерывной форме, полученной кусочно-линейной интерполяцией либо сплайн-аппроксимацией [117].



Рисунок 4.2 - Выпуск студентов - S

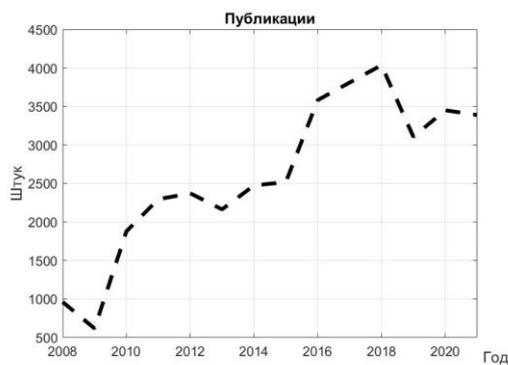


Рисунок 4.3 - Число научных публикаций - P



Рисунок 4.4 - Выполнение НИР по грантам - G

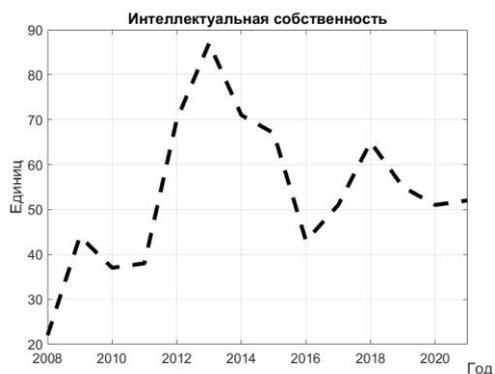


Рисунок 4.5 – Генерация объектов интеллектуальной собственности - I

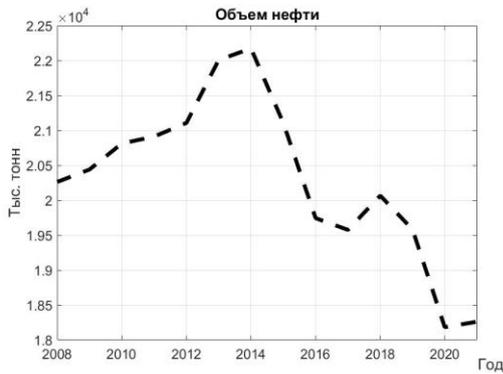


Рисунок 4.6 - Нефть, поступившая на переработку - Y_1

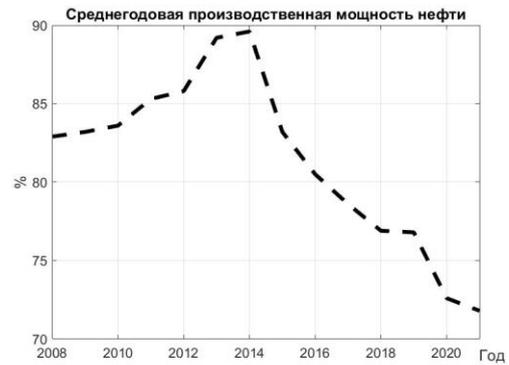


Рисунок 4.7 - Среднегодовая производственная мощность выпуска нефти, поступившей на переработку - Y_2

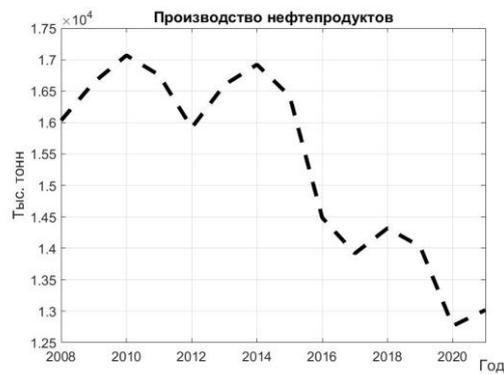


Рисунок 4.8 - Производство нефтепродуктов - Y_3

4.3. Методика структурно-параметрической идентификации динамического процесса кадрового обеспечения нефтяного кластера Самарской области

Вводим достаточно обоснованное допущение об эргодичности и квазистационарности рассматриваемого процесса на промежутке времени 5-10 лет в случае отсутствия глубоких возмущений в этом периоде (войны, кризисы, стихийные бедствия и т.п.).

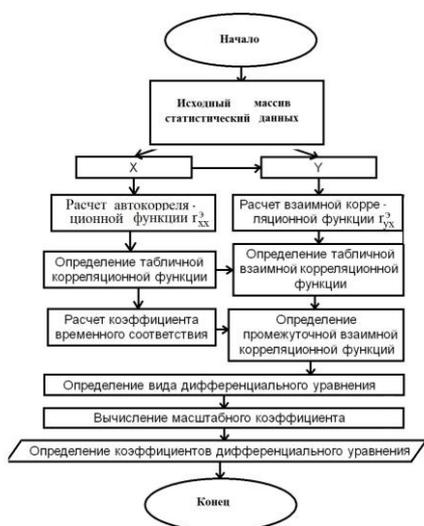


Рисунок 4.9 - Алгоритм структурно-параметрической идентификации кадрового обеспечения нефтяного кластера как динамического объекта управления

сумму входов:

$$y_k(t) = \sum_{j=1}^4 \int_{t-T}^T g_j(\tau) x_j(t-\tau) d\tau, \quad (4.16)$$

Здесь $r_{y_k x_j}(t)$ - взаимная корреляционная функция j - го входа и k - го выхода, а $r_{xx_j}(t)$ - автокорреляционная функция j - го входа.

В работе [5] представлена последовательность действий для определения дифференциального уравнения (4.12), а на рисунке 4.9 представлен алгоритм структурно-параметрической идентификации объекта управления.

1. По известным статистическим данным определяются экспериментальные корреляционные функции $r_{xx}^3(t)$ и $r_{yx}^3(t)$.
2. Из достаточно полных таблиц [5] выбирается наиболее близкая по форме кривая $r_{xx}^T(t)$ к $r_{xx}^3(t)$.
3. Для обеспечения временного соответствия экспериментальной $r_{xx}^3(t)$ и табличной $r_{xx}^T(t)$ автокорреляционной функций вычисляется масштабный временной коэффициент k_t ;

$$k_t = \frac{T_T}{T_3}, \quad (4.17)$$

Предлагается методика, использующая библиотеку типовых линейных моделей [5], отраженная следующим алгоритмом (рисунок 4.9).

Для вычисления импульсных характеристик $g_i(\tau)$ линейной системы с n входами $x(t)$ и одним выходом $y(t)$ вместо уравнения (4.11) следует использовать интегральное уравнение [5]:

где T_T и $T_{\mathcal{E}}$ - отрезки оси времени на графиках кривых $r_{xx}^T(t)$ и $r_{xx}^{\mathcal{E}}(t)$ соответственно от нуля до первого пересечения кривых с временной осью.

4. Выбранной табличной автокорреляционной функции $r_{xx}^T(t)$ соответствуют набор графиков взаимных корреляционных функций $r_{yx}^T(t)$.
5. Учитывая коэффициент k_t (пункт 3) уточняется промежуточная взаимная корреляционная функция выходной и входной переменных $r_{yx}^{np}(t)$.

$$r_{yx}^{np}(t) = k_t \cdot r_{yx}^{\mathcal{E}}(t/k_t) \quad (4.18)$$

6. По таблицам [5] выбирается табличная взаимная корреляционная функция $r_{yx}^T(t)$ выходной и входной переменных, близкая по форме к $r_{yx}^{np}(t)$;
7. В соответствии с определенной табличной взаимной корреляционной функцией $r_{yx}^T(t)$ определяется структура и коэффициенты дифференциального уравнения (4.12) и конкретные значения коэффициентов дифференциального уравнения (4.12).
8. Вычисляется масштабный коэффициент:

$$k_{yx}^M = \frac{\max r_{yx}^{np}(t) \cdot \max r_{xx}^T(t)}{\max r_{yx}^T(t) \cdot \max r_{xx}^{\mathcal{E}}(t)}. \quad (4.19)$$

9. В зависимости от найденных значений k_t (пункт 3) и k_{yx}^M (пункт 8) корректируются по формулам коэффициенты дифференциального уравнения (4.4) в зависимости от порядка объекта:

для объекта третьего порядка

$$b_2 = k_{yx}^m \cdot b_2^T; b_1 = k_t \cdot k_{yx}^M \cdot b_1^T; b_0 = k_t^2 \cdot k_{yx}^M \cdot b_0^T; a_3 = 1; a_2 = k_t \cdot a_2^T; a_1 = a_1^T; a_0 = k_t^3 \cdot a_0^T \quad (4.20)$$

для объекта второго порядка

$$b_2 = 0; b_1 = k_{yx}^M \cdot b_1^T; b_0 = k_t \cdot k_{yx}^M \cdot b_0^T; a_3 = 0; a_2 = 1; a_1 = k_t \cdot a_1^T; a_0 = k_t^2 \cdot a_0^T \quad (4.21)$$

для объекта первого порядка

$$b_2 = 0; b_1 = 0; b_0 = k_{yx}^M \cdot b^T_0; a_3 = 0; a_2 = 0; a_1 = 1; a_0 = k_t \cdot a^T_0 \quad (4.22)$$

После определения вида структуры и параметров дифференциального уравнения (4.4) передаточная функция объекта управления в канонической форме примет вид:

$$W(p) = \frac{K(\bar{b}_2 p^2 + \bar{b}_1 p + 1)}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1}, \quad (4.23)$$

где $K = \frac{b_0}{a_0}$ - коэффициент усиления.

4.4. Построение динамических моделей кадрового обеспечения нефтяного кластера в форме передаточных функций

4.4.1. Построение корреляционных функций входов

На первом этапе определяем четыре автокорреляционные функции входов $r_{xx_1}^{\mathcal{E}}(t)$, $r_{xx_2}^{\mathcal{E}}(t)$, $r_{xx_3}^{\mathcal{E}}(t)$ и $r_{xx_4}^{\mathcal{E}}(t)$, используя интерполяцию статистического материала (рисунки 4.2-4.8) в программной среде MATLAB с помощью функции «xcorr» [32, 39].

По экспериментальным автокорреляционным функциям $r_{xx_1}^{\mathcal{E}}(t)$, $r_{xx_2}^{\mathcal{E}}(t)$, $r_{xx_3}^{\mathcal{E}}(t)$ и $r_{xx_4}^{\mathcal{E}}(t)$ (4.10), (4.12), (4.14) и (4.16) выбираем в [5] близкие табличные автокорреляционные функции $r_{xx_1}^T(t)$, $r_{xx_2}^T(t)$, $r_{xx_3}^T(t)$ и $r_{xx_4}^T(t)$ (рисунки 4.11, 4.13, 4.15 и 4.17).

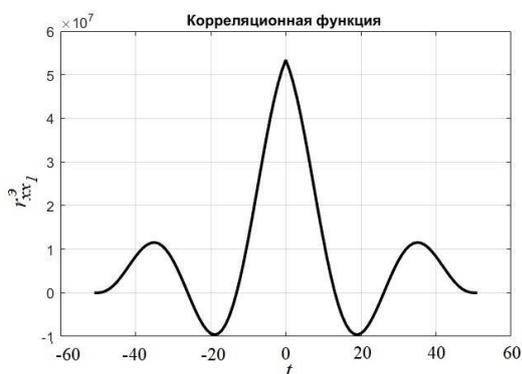


Рисунок 4.10 - Автокорреляционная функция $r_{xx_1}^{\mathcal{E}}(t)$

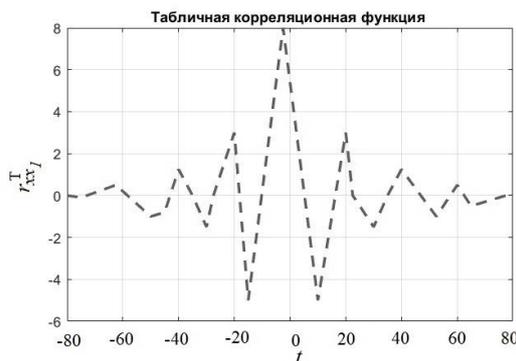


Рисунок 4.11 - Табличная автокорреляционная функция $r_{xx_1}^T(t)$

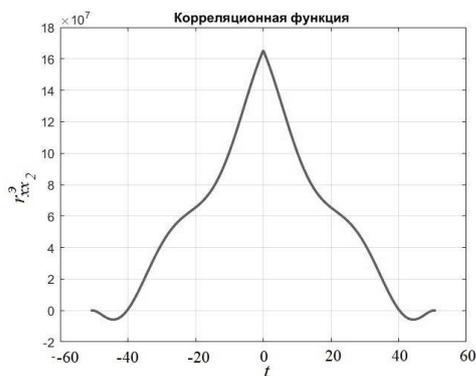


Рисунок 4.12 - Автокорреляционная функция $r_{xx_2}^{\ominus}(t)$

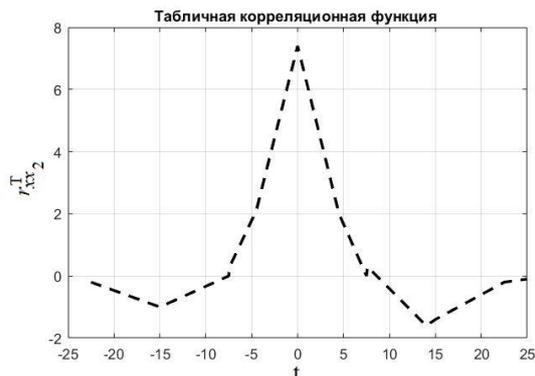


Рисунок 4.13 - Табличная автокорреляционная функция $r_{xx_2}^{\ominus T}(t)$

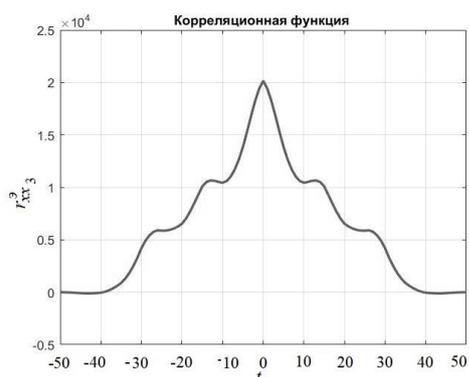


Рисунок 4.14 - Автокорреляционная функция $r_{xx_3}^{\ominus}(t)$

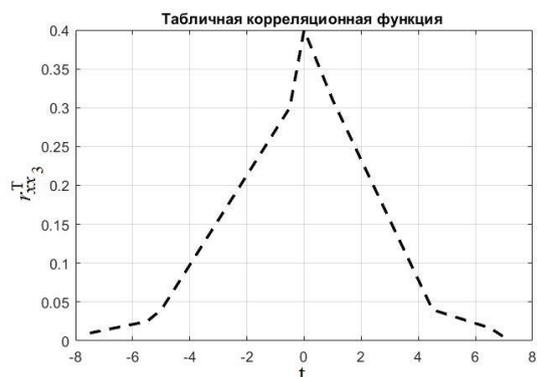


Рисунок 4.15 - Табличная корреляционная функция $r_{xx_3}^{\ominus T}(t)$

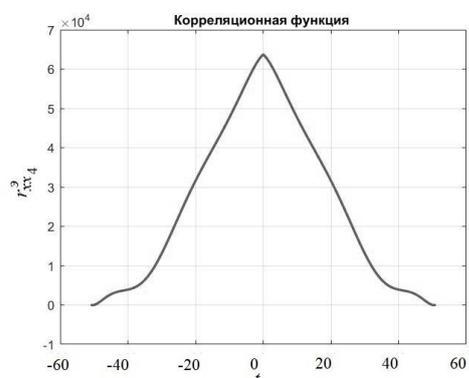


Рисунок 4.16 - Автокорреляционная функция $r_{xx_4}^{\ominus}(t)$

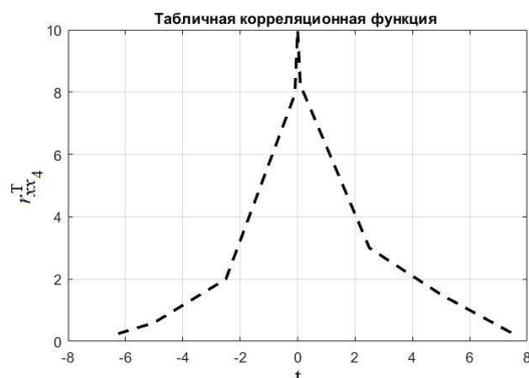


Рисунок 4.17 - Табличная корреляционная функция $r_{xx_4}^{\ominus T}(t)$

Для сопоставления размерных значений экспериментальных $r_{xx}^{\ominus}(t)$ и табличных $r_{xx}^{\ominus T}(t)$ автокорреляционных функций рассчитаем масштабные временные коэффициенты по оси времени по формуле (4.17):

$$k_{t_{x_1}} = 1, k_{t_{x_2}} = 0,25, k_{t_{x_3}} = 0,125, k_{t_{x_4}} = 0,2. \quad (4.24)$$

Построим взаимные корреляционные функции $r_{y_1x}(t)$ для выходной переменной Y_1 - объем нефти, поступивший на переработку (тыс. т) - и

рассмотренных входных величин. Для расчетов используем программную среду MATLAB (см. рисунки 4.10, 4.12, 4.14 и 4.16) [47, 181].

4.4.2. Построение передаточных функций, отражающих влияние деятельности вуза на объем нефти, поступившей на переработку в Самарской области

На рисунке 4.18 представлена экспериментальная взаимная корреляционная функция $r_{y_1x_1}^{\ominus}(t)$ «выпуск студентов СамГТУ (чел.) (рисунок 4.2) - Y_1 объем нефти, поступивший на переработку(тыс.т) (рисунок 4.6)» и наиболее близкая к ней по форме взаимная табличная корреляционная функция $r_{y_1x_1}^T(t)$ (рисунок 4.19) из [5].

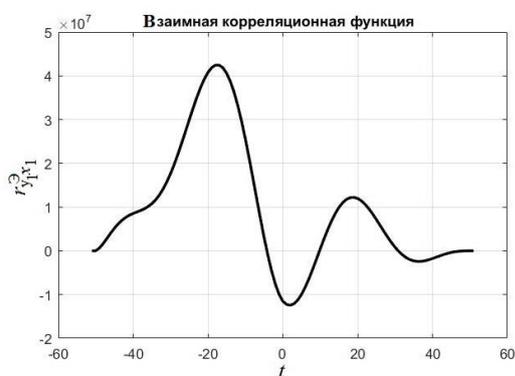


Рисунок 4.18 - Взаимная корреляционная функция $r_{y_1x_1}^{\ominus}(t)$

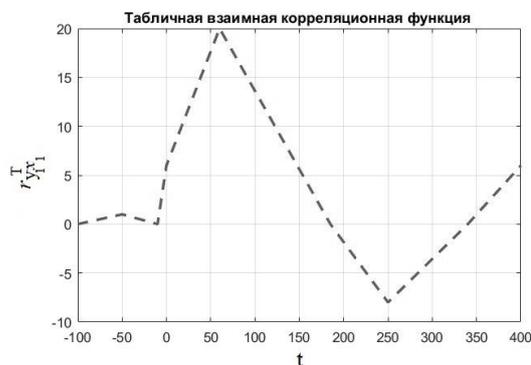


Рисунок 4.19 - Табличная взаимная корреляционная функция $r_{y_1x_1}^T(t)$

В силу того, что $k_{tx_1} = 1$, промежуточная взаимная корреляционная функция $r_{y_1x_1}^{np}(t)$ не нуждается в масштабировании относительно экспериментальной.

Рассчитаем масштабный коэффициент по формуле (4.19):

$$k_{y_1x_1}^M = \frac{\max_{yx} r_{yx}^{np}(t) \cdot \max_{xx} r_{xx}^T(t)}{\max_{yx} r_{yx}^T(t) \cdot \max_{xx} r_{xx}^{\ominus}(t)} = \frac{4 \cdot 10^7 \cdot 8}{20 \cdot 5 \cdot 10^7} = 0,32. \quad (4.25)$$

Дифференциальное уравнение, связывающее корреляционные функции $r_{y_1x_1}(t)$ и $r_{xx_1}(t)$, учитывая формулу (4.25), в итоге имеет вид:

$$r_{y_1x_1}''' + 3,5r_{y_1x_1}'' + 0,025r_{y_1x_1}' + r_{y_1x_1} = 4,375r_{xx_1}'' - 2,5r_{xx_1}' + 0,001 r_{xx_1}, \quad (4.26)$$

где $b^T_2 = 4,375$, $b^T_1 = -2,5$, $b^T_0 = 0,001$, $a^T_3 = 1$, $a^T_2 = 3,5$, $a^T_1 = 0,025$, $a^T_0 = 1$.

Учитывая коэффициент $k_{tx_1} = 1$ и масштабный коэффициент $k_{y_1x_1}^M = 0,32$, пересчитаем коэффициенты дифференциального уравнения (4.26) для объекта третьего порядка по формуле (4.20).

$$b_2 = 1,4; b_1 = -0,8; b_0 = 0,00032; a_3 = 1; a_2 = 3,5; a_1 = 0,025; a_0 = 1.$$

Окончательно дифференциальное уравнение (4.26) примет вид:

$$r_{y_1 x_1}''' + 3,5r_{y_1 x_1}'' + 0,025r_{y_1 x_1}' + r_{y_1 x_1} = 1,4r_{x_1}'' - 0,8r_{x_1}' + 0,00032r_{x_1}. \quad (4.27)$$

Такую же форму, как и (4.27), примет дифференциальное уравнение объекта:

$$\frac{d^3 y_1^{(x_1)}}{dt^3} + 3,5 \frac{d^2 y_1^{(x_1)}}{dt^2} + 0,025 \frac{dy_1^{(x_1)}}{dt} + y_1^{(x_1)} = 0,00032 \left[4375 \frac{d^2 x_1}{dt^2} - 2500 \frac{dx_1}{dt} + x_1 \right], \quad (4.28)$$

и соответствующая (4.28) передаточная функция будет иметь вид (4.29):

$$W_{y_1 x_1}(p) = \frac{0,00032 \cdot (4375p^2 - 2500p + 1)}{p^3 + 3,5p^2 + 0,025p + 1}. \quad (4.29)$$

Экспериментальная $r_{y_1 x_2}^{\mathcal{E}}(t)$ и табличная $r_{y_1 x_2}^T(t)$ взаимные корреляционные функции представлены на рисунках 4.20 и 4.21.

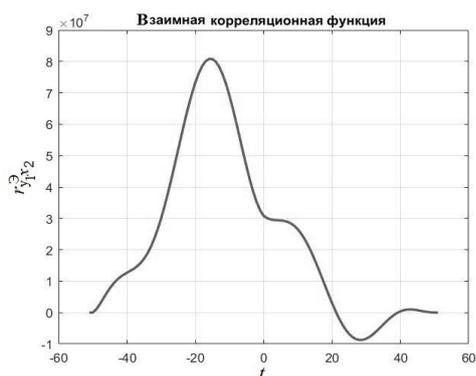


Рисунок 4.20 - Взаимная корреляционная функция $r_{y_1 x_2}^{\mathcal{E}}(t)$

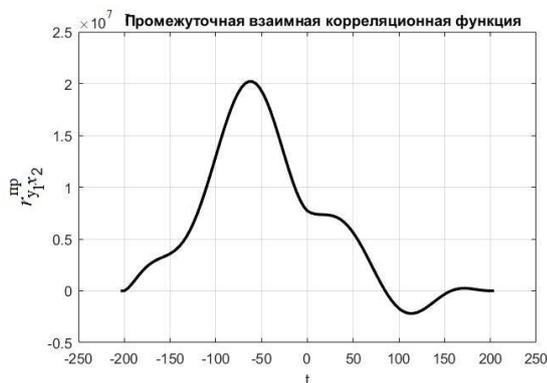


Рисунок 4.22 - Промежуточная взаимная корреляционная функция $r_{y_1 x_2}^{np}(t)$

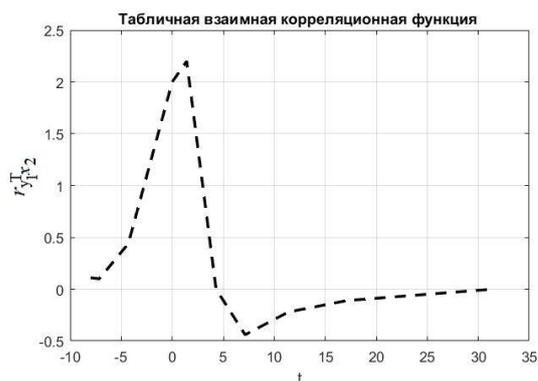


Рисунок 4.21 - Табличная взаимная корреляционная функция $r_{y_1 x_2}^T(t)$

Так как $k_{lx_2} = 0,25 \neq 1$, необходимо ввести масштабирование и построить промежуточную взаимную корреляционную функцию $r_{y_1 x_2}^{np}(t)$ согласно (4.18) (рисунок 4.22).

Масштабный коэффициент определяется по формуле (4.19)

$$k_{y_1 x_2}^M = 0,49.$$

Дифференциальное уравнение, для корреляционных функций выходной и входной переменной примет вид (4.30):

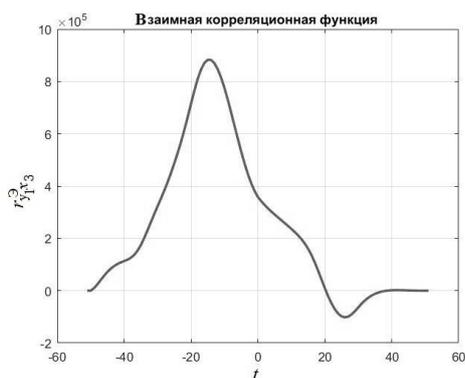
$$r_{y_1 x_2}''' + 3,5r_{y_1 x_2}'' + 4r_{y_1 x_2}' + r_{y_1 x_2} = 0,1r_{x_2}'' + r_{x_2}' + 10r_{x_2} \quad (4.30)$$

Учитывая масштабный коэффициент $k_{t, x_2} = 0,25$ и $k_{y_1, x_2}^M = 0,49$, пересчитаем его коэффициенты дифференциального уравнения для объекта третьего порядка по формуле (4.20), окончательно получим дифференциальное уравнение объекта:

$$\frac{d^3 y_1^{(x_2)}}{dt^3} + 0,875 \frac{d^2 y_1^{(x_2)}}{dt^2} + 0,25 \frac{d y_1^{(x_2)}}{dt} + 0,156 y_1^{(x_2)} = 0,049 \frac{d^2 x_2}{dt^2} + 0,12 \frac{d x_2}{dt} + 0,003 x_2, \quad (4.31)$$

а соответствующая передаточная функция будет иметь вид (4.32):

$$W_{y_1 x_2} = \frac{0,0196 \cdot (16p^2 + 40p + 1)}{6,4p^3 + 5,6p^2 + 1,6p + 1}. \quad (4.32)$$



Воспользуемся этой методикой для аналогичного определения передаточных функций $W_{y_1 x_3}$, $W_{y_1 x_4}$.

Экспериментальная $r_{y_1 x_3}^{\exists}(t)$ и табличная $r_{y_1 x_3}^T(t)$ взаимные корреляционные функции представлены на рисунках 4.23 и 4.24.

Рисунок 4.23 - Взаимная корреляционная функция $r_{y_1 x_3}^{\exists}(t)$

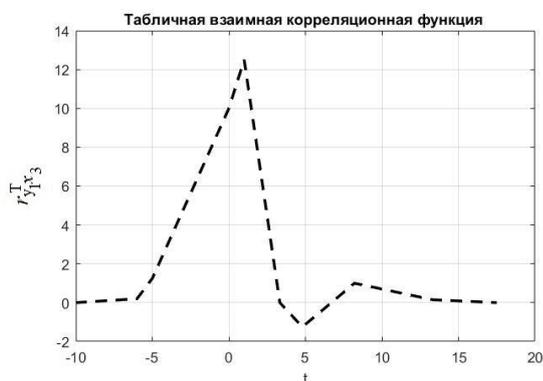


Рисунок 4.24 - Табличная взаимная корреляционная функция $r_{y_1 x_3}^T(t)$

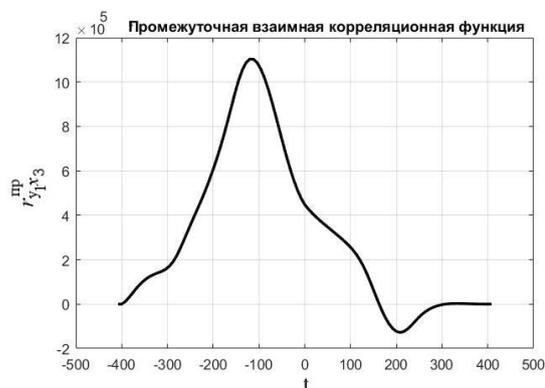


Рисунок 4.25 - Промежуточная взаимная корреляционная функция $r_{y_1 x_3}^{np}(t)$

При $k_{t x_3} = 0,125$ промежуточная взаимная корреляционная функция $r_{y_1 x_3}^{np}(t)$ изображена на рисунке 4.25.

Дифференциальное уравнение, соответствующее $r_{y_1x_3}^T$ на рисунке 4.24, представлено в виде (4.33):

$$r_{y_1x_3}'' + r_{y_1x_3}' + r_{y_1x_3} = 7r_{x_3}' + r_{x_3}. \quad (4.33)$$

Для объекта второго порядка (4.21) при учете масштабных коэффициентов $k_{tx_3} = 0,125$ и $k_{y_1x_3}^M = 0,2$ окончательно получим дифференциальное уравнение:

$$\frac{d^2 y_1^{(x_3)}}{dt^2} + 0,125 \frac{dy_1^{(x_3)}}{dt} + 0,0156 y_1^{(x_3)} = 1,4 \frac{dx_3}{dt} + 0,25 x_3 \quad (4.34)$$

и соответствующую передаточную функцию в виде (4.35):

$$W_{y_1x_3} = \frac{16 \cdot (5,625p + 1)}{64p^2 + 8p + 1}. \quad (4.35)$$

Построим взаимную корреляционную функцию $r_{y_1x_4}^{\ominus}$ «генерация объектов интеллектуальной собственности (ед.) (рисунок 4.5) – объем нефти, поступивший на переработку(тыс. тонн) (рисунок 4.6)».

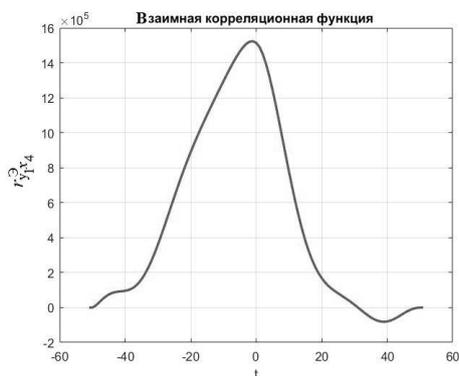


Рисунок 4.26 - Взаимная корреляционная функция $r_{y_1x_4}^{\ominus}(t)$

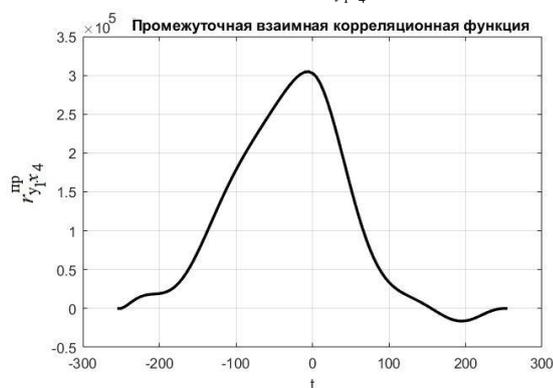


Рисунок 4.28 - Промежуточная взаимная корреляционная функция $r_{y_1x_4}^{np}(t)$

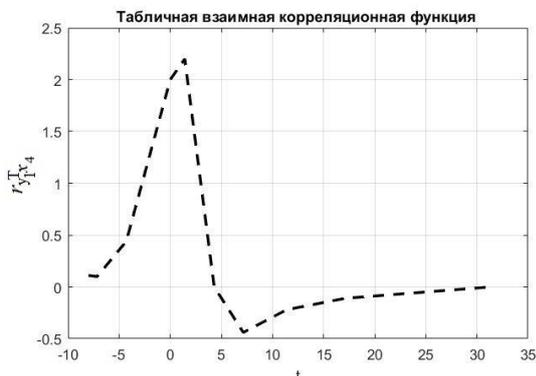


Рисунок 4.27 - Табличная взаимная корреляционная функция $r_{y_1x_4}^T(t)$

Графики экспериментальной $r_{y_1x_4}^{\ominus}(t)$

и табличной $r_{y_1x_4}^T(t)$ взаимной корреляционной функции представлены на рисунке 4.26 и 4.27 соответственно, а промежуточная взаимная корреляционная функция при $k_{tx_4} = 0,2$, представлена на рисунке 4.28.

Окончательно получим дифференциальное уравнение объекта:

$$\frac{d^3 y_1^{(x_4)}}{dt^3} + 0,7 \frac{d^2 y_1^{(x_4)}}{dt^2} + 0,16 \frac{dy_1^{(x_4)}}{dt} + 0,0008 y_1^{(x_4)} = 0,786 \frac{d^2 x_4}{dt^2} + 3,572 \frac{dx_4}{dt} + 0,072 x_4 \quad (4.36)$$

и соответствующую передаточную функцию в виде (4.37)

$$W_{y_1 x_4} = \frac{90 \cdot (10,92 p^2 + 49,61 p + 1)}{1250 p^3 + 875 p^2 + 200 p + 1}. \quad (4.37)$$

Аналогично определим передаточные функции для двух других рассмотренных выходов - среднегодовой производственной мощности нефти, поступившей на переработку (Y_2) и производством нефтепродуктов (Y_3).

4.4.3. Построение передаточных функций, отражающих влияние деятельности вуза на среднегодовую производственную мощность переработки нефти в Самарской области

Построим взаимные корреляционные функции сигналов для выходной переменной Y_2 - среднегодовая производственная мощность нефти.

На рисунках 4.29 и 4.30 построена экспериментальная $r_{y_2 x_1}^{\ominus}(t)$ и табличная $r_{y_2 x_1}^T(t)$ взаимная корреляционная функция. Дифференциальное уравнение объекта (4.38) и соответствующую передаточную функцию (4.39) получим рассмотренным выше способом.

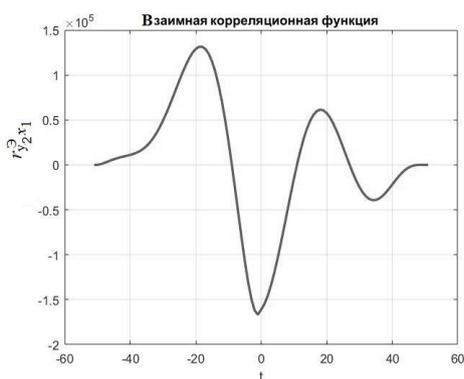


Рисунок 4.29 - Взаимная корреляционная функция $r_{y_2 x_1}^{\ominus}(t)$

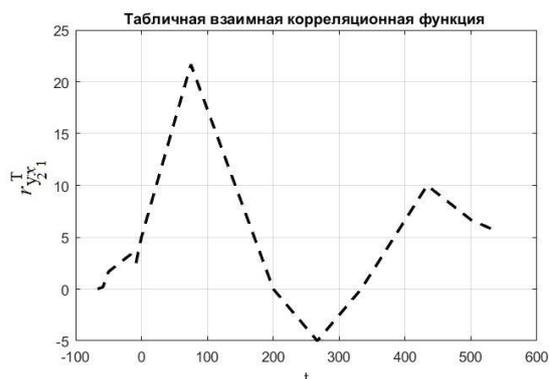


Рисунок 4.30 - Табличная взаимная корреляционная функция $r_{y_2 x_1}^T(t)$

$$\frac{d^3 y_2^{(x_1)}}{dt^3} + 3,5 \frac{d^2 y_2^{(x_1)}}{dt^2} + 0,025 \frac{dy_2^{(x_1)}}{dt} + 0,001 y_2^{(x_1)} =$$

$$= 0,000832 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + 0,0000832 \frac{dx_1}{dt} - 0,0000432 x_1 \quad (4.38)$$

$$W_{y_2 x_1} = \frac{0,0432 \cdot (19,26 p^2 + 1,926 p - 1)}{1000 p^3 + 3500 p^2 + 25 p + 1} \quad (4.39)$$

На графике 4.31 и 4.32 представлены соответственно экспериментальная $r_{y_2 x_2}^{\ominus}(t)$, $r_{y_2 x_2}^T(t)$ табличная и промежуточная $r_{y_2 x_2}^{np}(t)$ взаимная корреляционная функции при $k_{lx_2} = 0,25$.



Рисунок 4.31 - Взаимная корреляционная функция $r_{y_2 x_2}^{\ominus}(t)$

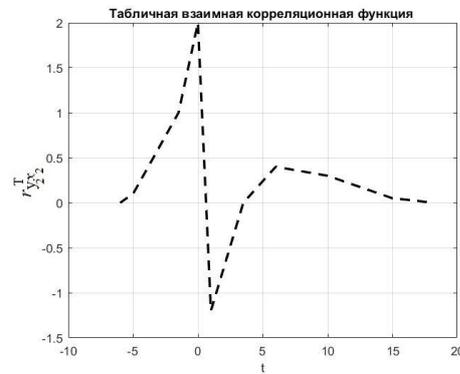


Рисунок 4.32 - Табличная взаимная корреляционная функция $r_{y_2 x_2}^T(t)$

Соответствующая передаточная функция имеет вид 4.40:

$$W_{y_2 x_2}(p) = \frac{0,25 \cdot (420000 p^2 + 4000 p - 1)}{2500000 p^3 + 50000 p^2 + 20000 p + 1} \quad (4.40)$$

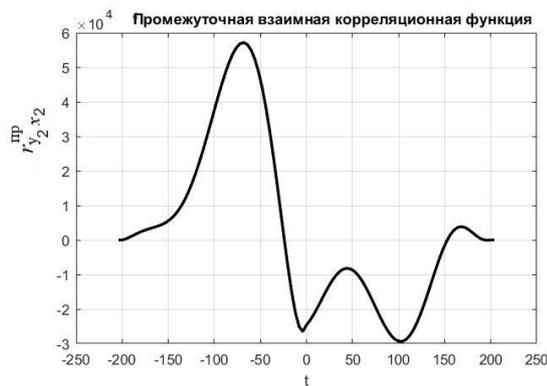


Рисунок 4.33 - Промежуточная взаимная корреляционная функция $r_{y_2 x_2}^{np}(t)$

Экспериментальная $r_{y_2 x_3}^{\ominus}(t)$, табличная $r_{y_2 x_3}^T(t)$ и промежуточная $r_{y_2 x_3}^{np}(t)$ взаимная корреляционная функция представлены на рисунках 4.34 - 4.36 соответственно.

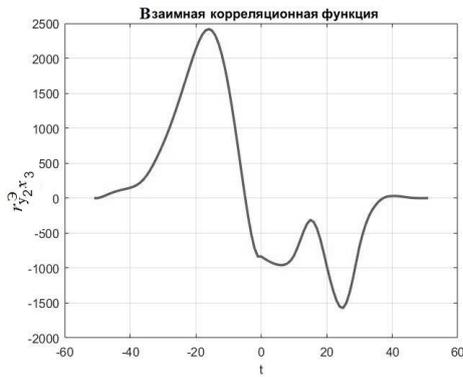


Рисунок 4.34 - Взаимная корреляционная функция $r_{y_2 x_3}^{\Delta}(t)$

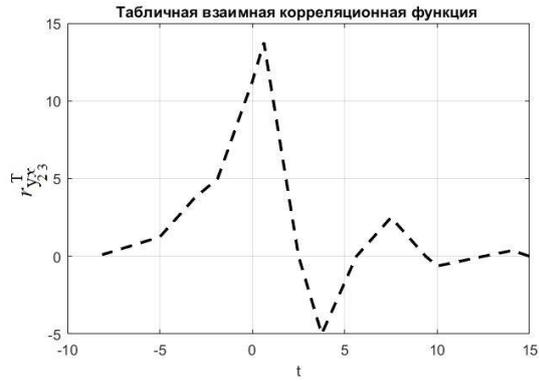


Рисунок 4.35 - Табличная взаимная корреляционная функция $r_{y_2 x_3}^T(t)$

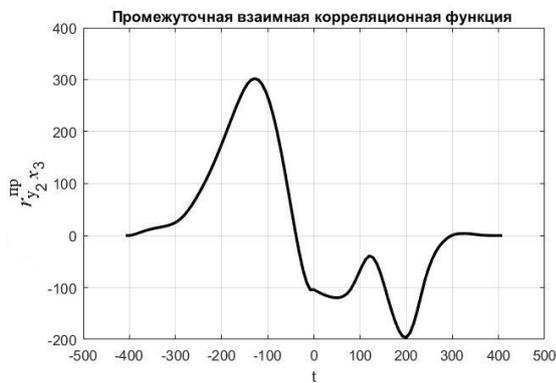


Рисунок 4.36 - Промежуточная взаимная корреляционная функция $r_{y_2 x_3}^{np}(t)$

Соответствующая рисунку 4.34 и

4.36 передаточная функция имеет вид

(4.41):

$$W_{y_2 x_3}(p) = \frac{0,003 \cdot (16,6p + 1)}{64p^2 + 0,01p + 1}. \quad (4.41)$$

Взаимные корреляционные функции сигналов для выходной переменной Y_2 – среднегодовая производственная мощность нефти для входа генерация

объектов интеллектуальной собственности I показаны на рисунках 4.37 - 4.39.

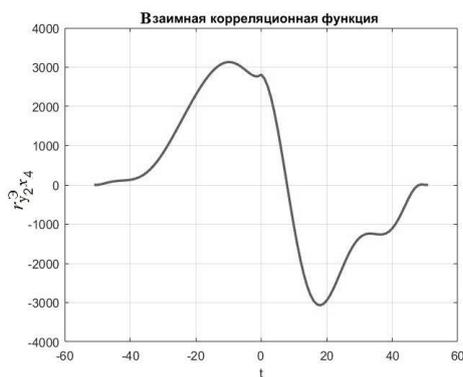


Рисунок 4.37 – Взаимная корреляционная функция $r_{y_2 x_4}^{\Delta}(t)$

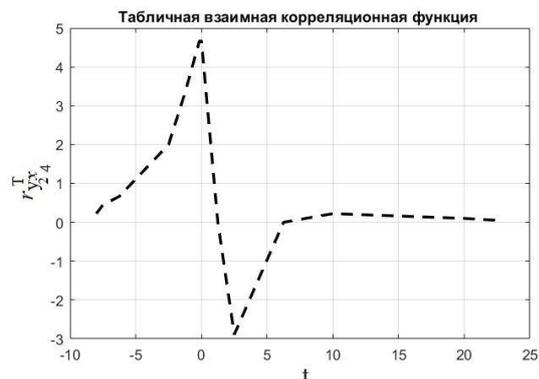


Рисунок 4.38 - Табличная взаимная корреляционная функция $r_{y_2 x_4}^T(t)$

Передаточная функция имеет вид:

$$W_{y_2 x_4}(p) = \frac{0,25 \cdot (420000p^2 + 4000p + 1)}{2500000p^3 + 500000p^2 + 20000p - 1} \quad (4.42)$$

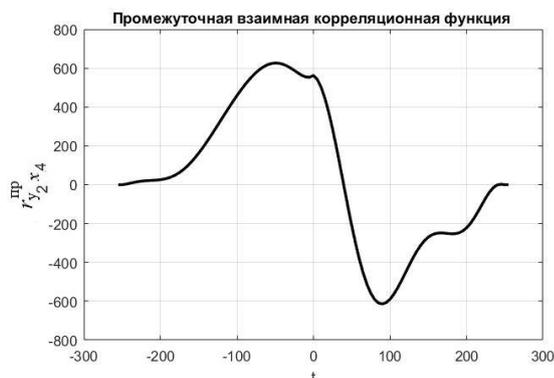


Рисунок 4.39 - Промежуточная взаимная корреляционная функция $r_{y_2 x_4}^{np}(t)$

4.4.4. Построение передаточных функций, отражающих влияние деятельности вуза на производство нефтепродуктов в Самарской области

Аналогично построим модели для выходной переменной Y_3 – производство нефтепродуктов.

На рисунке 4.40 представлена экспериментальная $r_{y_3 x_1}^{\varnothing}(t)$ взаимная корреляционная функция, а на рисунке 4.41 – табличная $r_{y_3 x_1}^T(t)$ взаимная корреляционная функция.

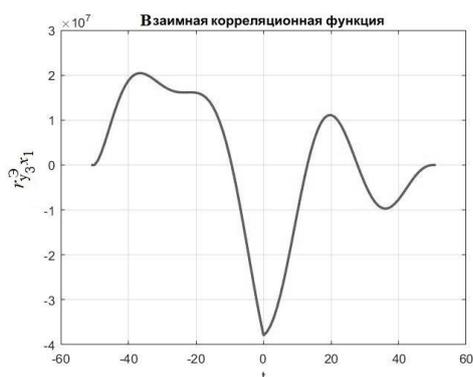


Рисунок 4.40 - Взаимная корреляционная функция $r_{y_3 x_1}^{\varnothing}(t)$

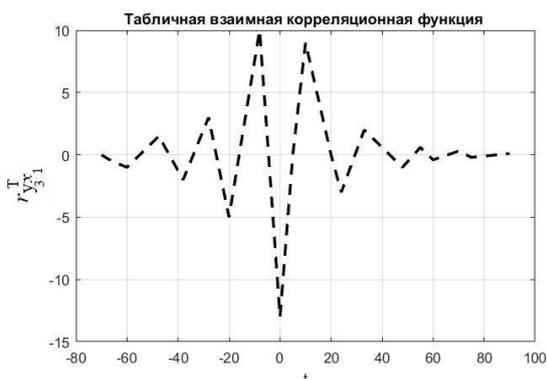


Рисунок 4.41 - Табличная взаимная корреляционная функция $r_{y_3 x_1}^T(t)$

Полученная передаточная функция имеет вид 4.43:

$$W_{y_3 x_1}(p) = \frac{0,008 \cdot (5000p^2 - 1000p - 1)}{20p^3 + 70p^2 + 8p + 1}. \quad (4.43)$$

Рассчитанная экспериментальная

$r_{y_3x_2}^{\ominus}(t)$, табличная $r_{y_3x_2}^T(t)$ и промежуточная $r_{y_3x_2}^{np}(t)$ взаимная корреляционная функция представлены на рисунках 4.42 - 4.44.



Рисунок 4.42 - Взаимная корреляционная функция $r_{y_3x_2}^{\ominus}(t)$

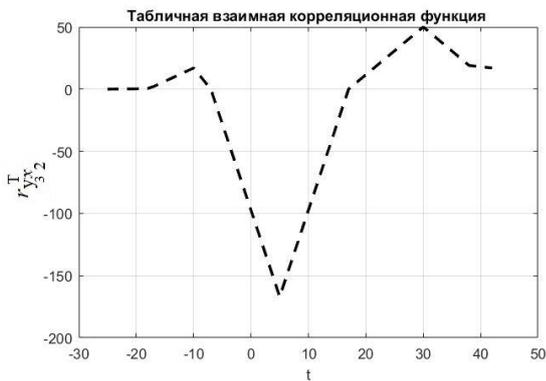


Рисунок 4.43 - Табличная взаимная корреляционная функция $r_{y_3x_2}^T(t)$

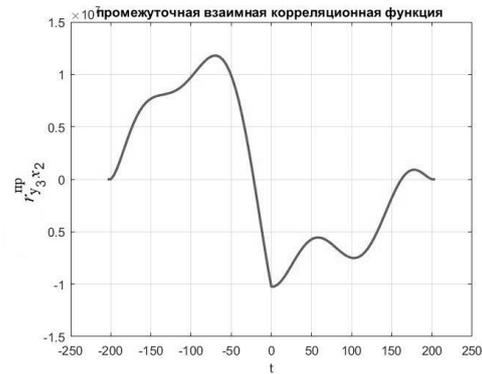


Рисунок 4.44 - Промежуточная взаимная корреляционная функция $r_{y_3x_2}^{np}(t)$

Соответствующая передаточная функция имеет вид 4.44:

$$W_{y_3x_2}(t) = \frac{1,2 \cdot (72p^2 + 0,04p - 1)}{128p^3 + 3,2p^2 + 78,7p + 1}. \quad (4.44)$$

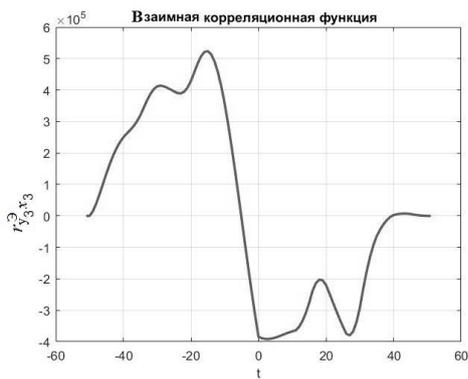


Рисунок 4.45 - Взаимная корреляционная функция $r_{y_3x_3}^{\ominus}(t)$

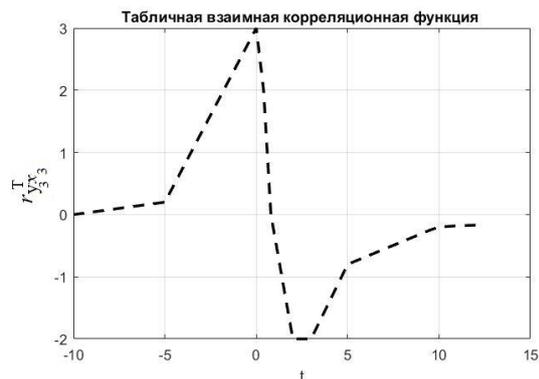


Рисунок 4.46 - Табличная взаимная корреляционная функция $r_{y_3x_3}^T(t)$

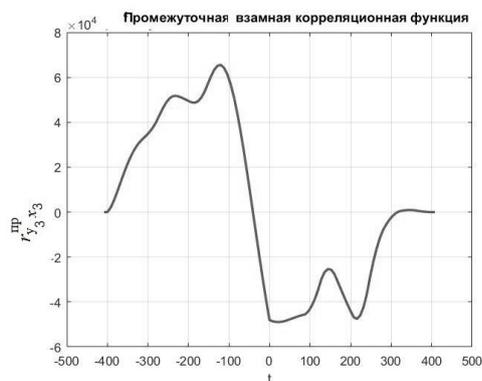


Рисунок 4.47 - Промежуточная взаимная корреляционная функция $r_{y_3 x_3}^{np}(t)$

Экспериментальная $r_{y_3 x_3}^{\mathcal{E}}(t)$, табличная $r_{y_3 x_3}^T(t)$ и промежуточная $r_{y_3 x_3}^{np}(t)$ взаимная корреляционная функция представлены на рисунках 4.45-4.47, а соответствующую передаточную функцию запишем в виде 4.45.

$$W_{y_3 x_3}(p) = \frac{30,1p + 1}{6,4p^2 + 8p + 1}. \quad (4.45)$$

Экспериментальная $r_{y_3 x_4}^{\mathcal{E}}(t)$, табличная $r_{y_3 x_4}^T(t)$ и промежуточная $r_{y_3 x_4}^{np}(t)$ взаимная корреляционная функция представлены на рисунках 4.48 - 4.50 соответственно.

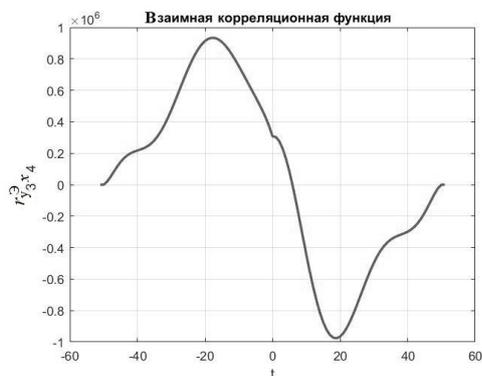


Рисунок 4.48 - Взаимная корреляционная функция $r_{y_3 x_4}^{\mathcal{E}}(t)$

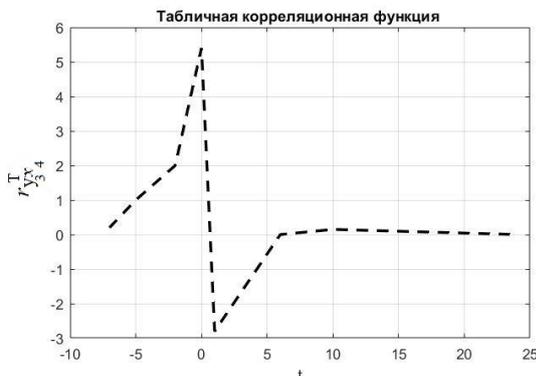


Рисунок 4.49 - Табличная взаимная корреляционная функция $r_{y_3 x_4}^T(t)$

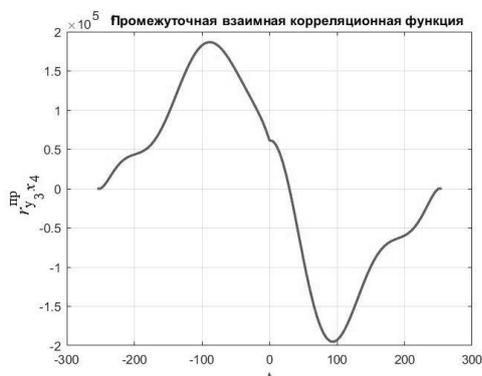


Рисунок 4.50 - Промежуточная взаимная корреляционная функция $r_{y_3 x_4}^{np}(t)$

Передаточная функция $W_{y_3 x_4}(t)$ имеет

вид 4.46:

$$W_{y_3 x_4}(t) = \frac{2,43 \cdot (1250p^2 + 50p + 1)}{125p^3 + 87,5p^2 + 20p + 1}. \quad (4.46)$$

В таблице 4.1 представлены рассчитанные для выходов Y_1 , Y_2 и Y_3 передаточные функции.

Таблица 4.1 - Передаточные функции

№	Передаточные функции	Формула
	<i>Объем нефти, поступившей на переработку - Y₁</i>	
1	$W_{y_1x_1}(p) = \frac{0,00032 \cdot (4375p^2 - 2500p + 1)}{p^3 + 3,5p^2 + 0,025p + 1}$	(4.29)
2	$W_{y_1x_2} = \frac{0,0196 \cdot (16p^2 + 40p + 1)}{6,4p^3 + 5,6p^2 + 1,6p + 1}$	(4.32)
3	$W_{y_1x_3} = \frac{16 \cdot (5,625p + 1)}{64p^2 + 8p + 1}$	(4.35)
4	$W_{y_1x_4} = \frac{90 \cdot (10,92p^2 + 49,61p + 1)}{1250p^3 + 875p^2 + 200p + 1}$	(4.37)
	<i>Среднегодовая производственная мощность нефти - Y₂</i>	
5	$W_{y_2x_1} = \frac{0,0432 \cdot (19,26p^2 + 1,926p - 1)}{1000p^3 + 3500p^2 + 25p + 1}$	(4.39)
6	$W_{y_2x_2}(p) = \frac{0,25 \cdot (420000p^2 + 4000p - 1)}{2500000p^3 + 50000p^2 + 20000p + 1}$	(4.40)
7	$W_{y_2x_3}(p) = \frac{0,003 \cdot (16,6p + 1)}{64p^2 + 0,01p + 1}$	(4.41)
8	$W_{y_2x_4}(t) = \frac{0,25 \cdot (420000p^2 + 4000p + 1)}{2500000p^3 + 500000p^2 + 20000p - 1}$	(4.42)
	<i>Производство нефтепродуктов - Y₃</i>	
9	$W_{y_3x_1}(p) = \frac{0,008 \cdot (5000p^2 - 1000p - 1)}{20p^3 + 70p^2 + 8p + 1}$	(4.43)
10	$W_{y_3x_2}(t) = \frac{1,2 \cdot (72p^2 + 0,04p - 1)}{128p^3 + 3,2p^2 + 78,7p + 1}$	(4.44)
11	$W_{y_3x_3}(p) = \frac{30,1p + 1}{6,4p^2 + 8p + 1}$	(4.45)
12	$W_{y_3x_4}(t) = \frac{2,43 \cdot (1250p^2 + 50p + 1)}{125p^3 + 87,5p^2 + 20p + 1}$	(4.46)

4.5. Верификация динамических моделей интегрированного объекта «вуз - нефтяной кластер»

Динамическая модель кадрового обеспечения нефтяного кластера как объекта управления согласно (4.16) должна суммировать передаточные функции $W_{y_k x_1}(p)$, $W_{y_k x_2}(p)$, $W_{y_k x_3}(p)$, $W_{y_k x_4}(p)$. Траектория соответствующего параметра нефтяной отрасли y_k , $k = \overline{1,3}$ представляет собой суперпозицию четырех входных воздействий на динамические модели нефтяной отрасли от четырех индикаторов деятельности университета $S(t)$, $P(t)$, $G(t)$, $I(t)$ (рисунок 4.51),

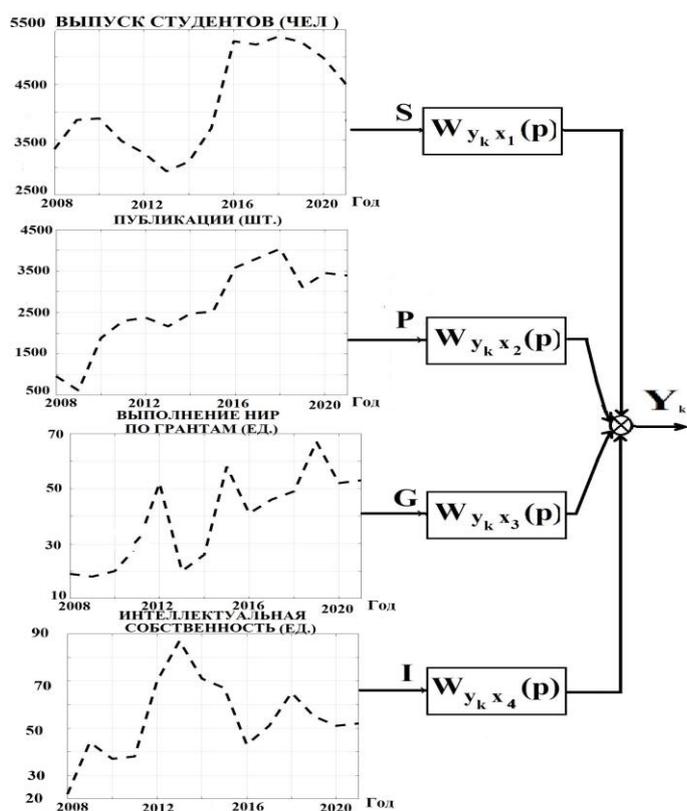


Рисунок 4.51 - Верификация динамической модели объекта управления

Сравнение

экспериментальных и модельных траекторий будем проводить в отклонениях Δx , Δy от начального значения $x(0)$, $y(0)$:

$$\Delta x(t) = x(t) - x(0),$$

$$\Delta y(t) = y(t) - y(0), \quad (4.47)$$

где $\Delta x(t)$, $\Delta y(t)$ – отклонение $x(t)$ и $y(t)$ от начального значения $x(0)$, $y(0)$. За начальные $x(0)$, $y(0)$ принимаем величину, зафиксированную в 2008 году. Используем массивы исходных статистических данных (рисунки 4.2-4.8).

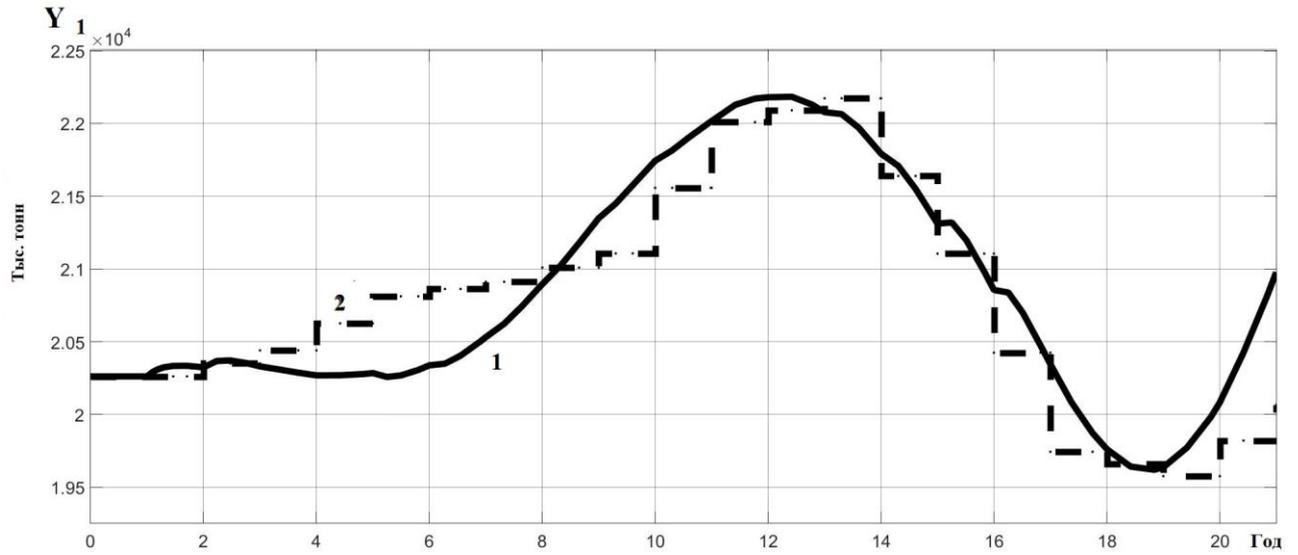


Рисунок 4.52- Модельные (1) и статистические данные (2) объема нефти, поступившей на переработку Y_1

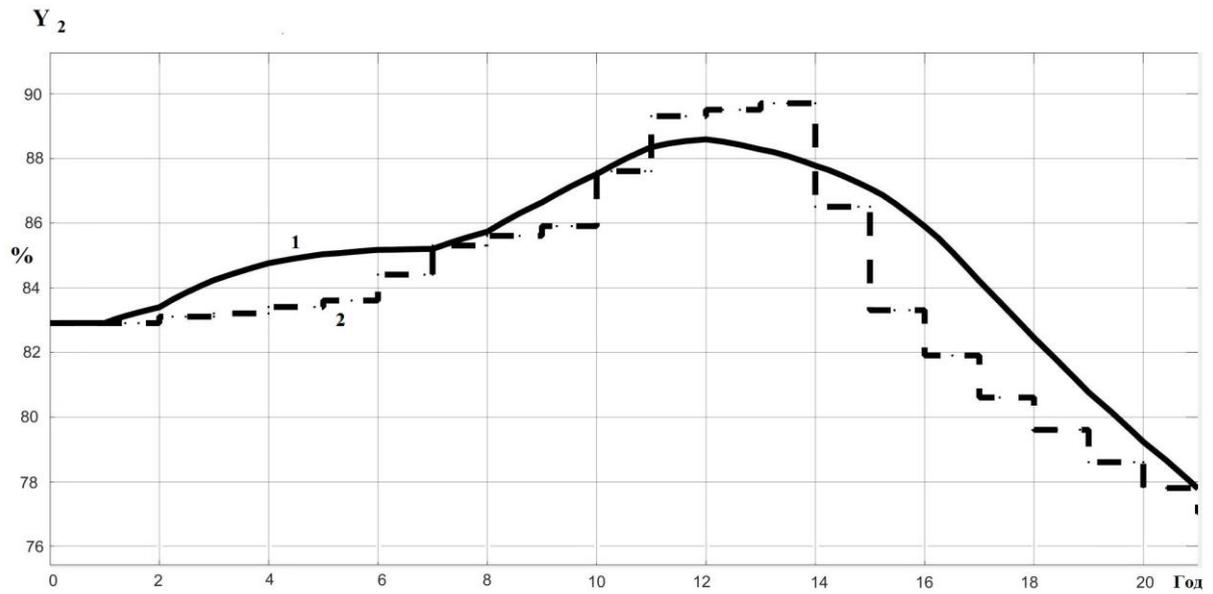


Рисунок 4.53 - Модельные (1) и статистические данные (2) среднегодовой производственной мощности переработки нефти Y_2

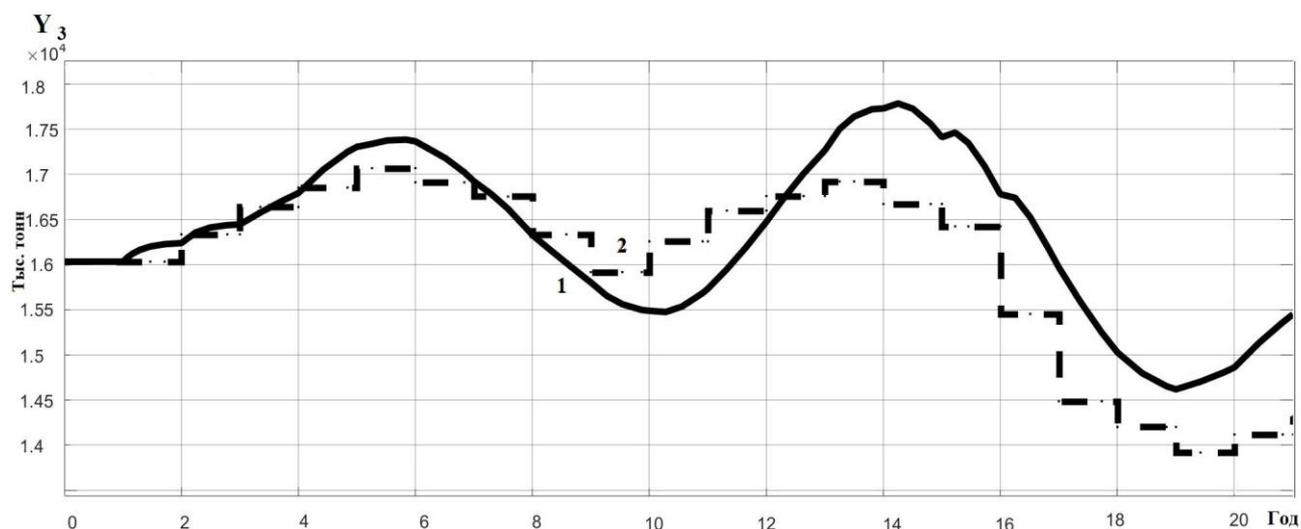


Рисунок 4.54 - Модельные (1) и статистические данные (2) объема производства нефтепродуктов Y_3

Сопоставление результата моделирования динамической модели в пакете MATLAB с динамикой статистических результатов работы нефтяной отрасли Самарской области свидетельствует о хорошем качестве идентификации. Например, для объема нефти, поступившей на переработку Y_1 (рисунок 4.52), коэффициент детерминации $R^2 = 0,81$ [47, 181].

Следует отметить, что динамические модели (4.29), (4.32), (4.35), (4.37), (4.39)-(4.46) (таблица 4.1) и рассчитанные с их помощью алгоритмы управления ретроспективно опираются на 10-летние статистические данные, поэтому могут быть использованы в горизонте, не превышающем 5 лет. Однако математический аппарат их модернизации, предложенный в диссертации, позволяет легко корректировать количественные характеристики алгоритма по мере поступления нового статистического материала.

4.6. Управление количественными и качественными параметрами вуза для воздействия на производство продукции нефтяной отрасли

Рассмотрим возможность использования полученных передаточных функций (см. таблицу 4.1.) для динамического управления кадровым потенциалом нефтяной отрасли Самарской области путём формирования в подсистеме кадрового обеспечения АСУП региональной компоненты финансирования вуза через финансирование его ресурсов: организации

грантовой поддержки исследований, целевого заказа подготовки специалистов, финансирования НИР и опытно-конструкторских работ (ОКР) в интересах отрасли, соответствующих профилю подразделений вуза. При этом предполагаем обеспеченность предприятий отрасли технологическим оборудованием, соответствующим кадровой потребности, т. е. удельная кадровая выработка по показателям эффективности (см. главу 2) обеспечена технически и технологически.

Математическим аппаратом для формирования алгоритма принятия такого рода управленческих решений могут служить методы теории автоматического управления. Формальная реализация рассчитанного с помощью полученных динамических моделей (4.29), (4.32), (4.35), (4.37), (4.39)-(4.46) многосвязного автоматического регулятора в рассматриваемой сложной социотехнической системе, конечно, невозможна. Для этого не только нет правового механизма реализации, но имеется большое количество неучтенных в модели факторов, что делает автоматическую реализацию полученных решений не только нерациональной, но, скорее всего, ошибочной.

Однако в рамках АСУП в ходе автоматизированной процедуры это управленческое решение может быть взято за основу менеджментом для формирования кадровой стратегии, которая может быть модифицирована с учетом других, не рассмотренных в настоящей работе факторов.

Поэтому в качестве основы для алгоритма рассмотрим возможность его синтеза, как автоматического регулятора объекта (4.29), (4.32), (4.35), (4.37), (4.39)-(4.46). Матрица передаточных функций этого многосвязного объекта в силу выполнения (4.8), (4.16) имеет диагональную структуру, поэтому для каждого из четырех входов можно рассматривать автономную, замкнутую по отклонению автоматическую систему управления. При этом сохраняется возможность эффективно использовать в соответствии принципом суперпозиции все 4 входа одновременно согласно (4.8), (4.16).

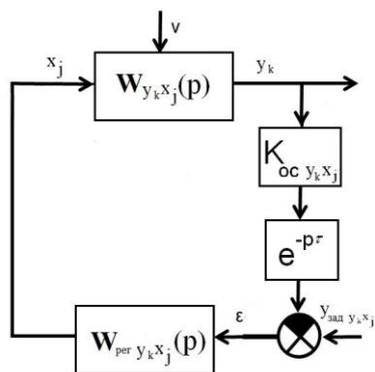


Рисунок 4.55 - Структурная схема алгоритма локального управления k -м показателем эффективности по j -му входу

На рисунке 4.55 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 при $j = \overline{1,4}$.

Каждая передаточная функция $W_{y_k x_j}(p)$ из таблицы 4.1 связывает k -ый показатель y_k эффективности регионального нефтяного кластера с одним из j -х входов, представляющих выходные индикаторы деятельности вуза (рисунки 4.6 – 4.8), где $k = \overline{1,3}$, $j = \overline{1,4}$. Коэффициент обратной связи $K_{oc y_k x_j}$ определяет долю дохода, который по алгоритму затрачивается на формирование желательной траектории $y_{зад y_k x_j}$ в соответствии с передаточной функцией регулятора $W_{рег y_k x_j}(p)$ роста или стабилизации этого k -го показателя 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 $\epsilon = y_{зад y_k x_j} - y_k$ между заданным $y_{зад y_k x_j}$ и текущими значениями y_k . Годовое запаздывание $e^{-p\tau}$ связано с особенностями подведения финансовых годовых результатов отрасли.

Следует отметить, что для формулировки в подсистеме кадрового обеспечения АСУП основы управленческих кадровых решений по предлагаемому алгоритму на первом этапе допустимо игнорирование возмущения v .

Выбор параметров регулятора будем осуществлять в программном пакете «Simulink» в среде «MATLAB» с помощью операции «tune», что позволит не только решить проблему устойчивости, но и обеспечить заданные динамические показатели качества системы [47, 181].

В силу того, что, как указано в разделе 4.3, горизонт прогнозирования моделей (таблица 4.1) не превышает $t_{ycm} \leq 5$ лет, будем предполагать время выхода $y_k(t)$ на заданный уровень не более 5 лет. После этого периода требуется пополнение статистического материала, коррекция моделей (4.29), (4.32), (4.35), (4.37), (4.39) – (4.46) (см. таблицу 4.1) и перенастройка регулятора.

Характер переходного процесса, очевидно, должен быть апериодическим и не допускать заметной колебательности, которая отрицательно влияет на финансово-экономическое состояние отрасли.

Заданное значение $y_{зад\ y_k x_j}$ определяется общими требованиями роста промышленности, конъюнктурой внутреннего и внешнего рынков и другими многочисленными обстоятельствами.

В качестве базового закона регулирования примем пропорционально-интегральный (ПИ) закон.

$$W_{рег\ y_k x_j}(p) = \frac{K_{y_k x_j} (T_{y_k x_j} \cdot p + 1)}{T_{y_k x_j} p}. \quad (4.48)$$

Основанием для выбора этого закона регулирования служит его эффективность для широкого круга линейных объектов вида (4.23), простота и гибкость настройки, а главное простота реализации в автоматизированной человеко-машинной процедуре в составе АСУП.

В рассматриваемой социотехнической системе пропорциональная составляющая регулятора $K_{y_k x_j}$ 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 $\frac{K_{y_k x_j}}{T_{y_k x_j} p}$

соответствует отложенному накопленному финансированию для изменения этого же показателя.

При моделировании в «MATLAB» используем звено «пропорционально-интегральный регулятор (ПИ-регулятор)»:

$$u(t) = \Pi + I = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt. \quad (4.49)$$

где $u(t)$ – закон регулирования, Π – пропорциональная составляющая; I – интегральная составляющая; K_p – коэффициент пропорциональности, где

$$K_p = K_{y_k x_j}; \quad K_i – \text{коэффициент интегрирования, где } K_i = \frac{K_{y_k x_j}}{T_{y_k x_j}}.$$

4.6.1. Разработка автоматизированного алгоритма управления кадровым обеспечением отрасли как автоматического ПИ-регулятора

Динамическое влияние управляемых выходных показателей деятельности СамГТУ на показатели эффективности нефтяной отрасли Самарской отрасли оценим с помощью моделирования в пакете «Simulink» в среде MATLAB.

На рисунке 4.56 представлена схема моделирования системы автоматического управления (САУ) при единичном управлении.

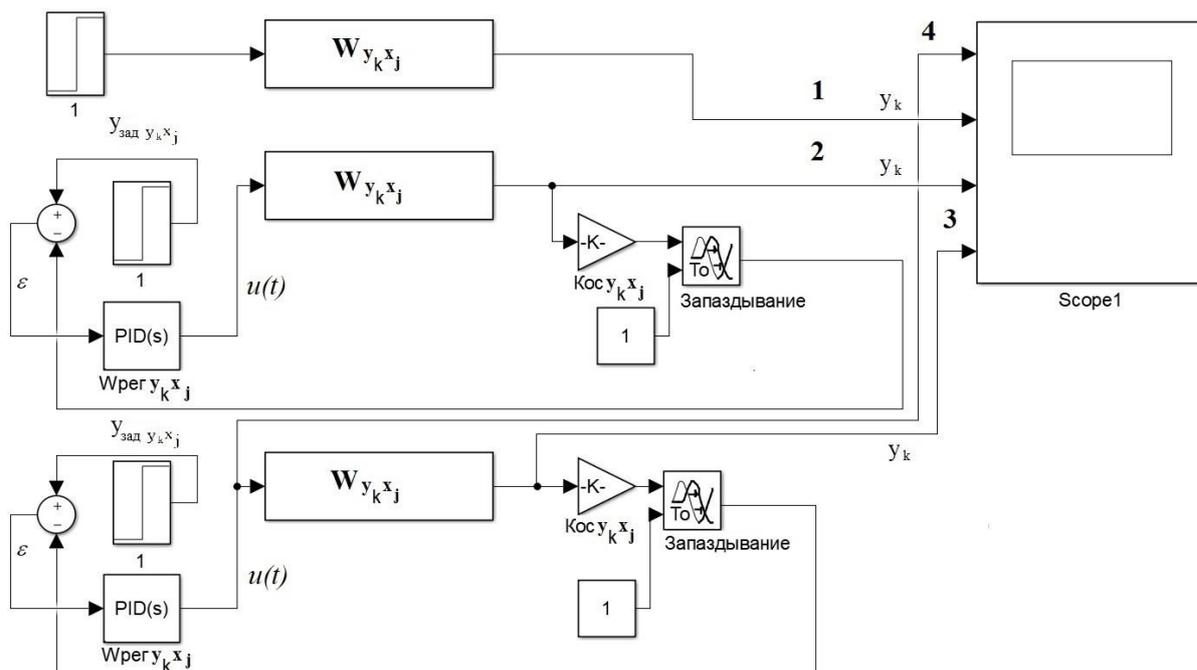


Рисунок 4.56 - Схема моделирования автоматизированного алгоритма управления

Первоначально оценим возможности управления в отдельности каждым из j -х входов, $j = \overline{1,4}$ (S , P , G , I) на динамику объема нефти, поступившей на переработку $Y_1(t)$ и путем моделирования с помощью операции «tune» рациональные настройки ПИ регулятора.

Для моделирования влияния на выходную характеристику $Y_1(t)$ выпуска студентов S используем в качестве объекта управления полученную в разделе 4.42 передаточную функцию $W_{y_1x_1}(p)$ (4.29). При этом будем рассматривать входные и выходные характеристики в отклонениях согласно (4.47).

На рисунке 4.57 представлена реакция на единичное задание $y_{зад\ y_1x_1} = 1(t)$ выхода ΔY_1 и автоматически сформированного ПИ регулятором входа S .

На рисунке 4.57 обозначены: реакция ΔY_1 объекта на единичное ступенчатое воздействие – кривая 1 (без регулирования); выход ΔY_1 для различных вариантов настройки регулятора при единичном ступенчатом задании $y_{зад\ y_1x_1} = 1(t)$ – кривые 2 и 3; автоматически сформированный ПИ регулятором вход объекта S при лучших результатах настройки регулятора – кривая 4.

Анализ результатов моделирования демонстрирует возможности управления, обеспечивается рост объема нефти, поступившей на переработку Y_1 (кривые 2, 3) по сравнению с нерегулируемой траекторией (кривая 1). Коэффициент пропорциональности K_p ПИ регулятора в $W_{рег\ y_1x_1}(p)$ (4.49) обеспечивает увеличение выходного параметра Y_1 (кривая 2), а уменьшение K_p приводит к увеличению продолжительности роста объема нефти, поступившей на переработку Y_1 (кривая 3) при одинаковом задании.

Видно, что алгоритм обеспечивает рост объема нефти, поступившей на переработку $Y_1(t)$ в течение трех лет при линейном нарастании количества принятых молодых специалистов S – кривая 4. Дальнейшее увеличение числа выпуска специалистов приведет к снижению показателя $Y_1(t)$, очевидно, за счет оттока средств на их адаптацию.

Наилучший результат (рисунок 4.57) обеспечивается при настройках ПИ регулятора $K_p = 0,5$, $K_i = 7$, $K_{ос\ y_1x_1} = 0,05$ (кривая 3).

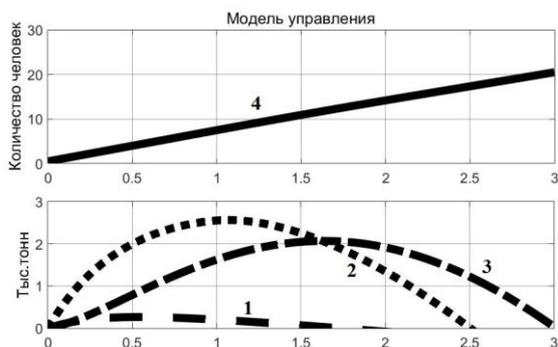


Рисунок 4.57 - Моделирование канала $\Delta S - \Delta Y_1(t)$. 1 – без регулирования; 2 - $K_p = 5$, $K_i = 7$, $K_{oc\ y_1x_1} = 0,05$; 3 - $K_p = 0,5$, $K_i = 7$, $K_{oc\ y_1x_1} = 0,05$; 4 - S

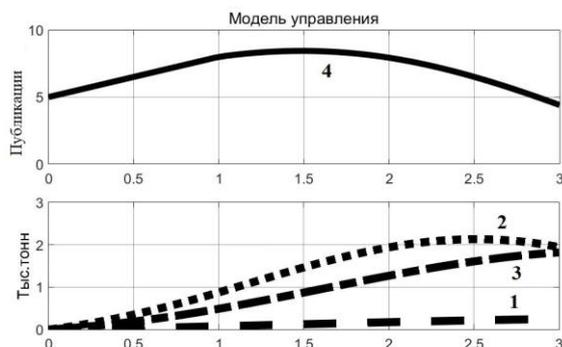


Рисунок 4.58 - Моделирование канала $\Delta P - \Delta Y_1(t)$. 1 – без регулирования; 2 - $K_p = 10$, $K_i = 3$; 3 - $K_p = 5$, $K_i = 3$; 4 - P

На рисунке 4.58 приведены результаты моделирования реакции объекта управления $W_{y_1x_2}(p)$ по каналу общее число научных публикаций $\Delta P - \Delta Y_1$ на задание в форме функции Хэвисайда $\Delta P = 1(t)$.

Аналогично проведем синтез регулятора $W_{рег\ y_1x_3}(p)$ и $W_{рег\ y_1x_4}(p)$ по каналам выполнения научно-технических работ (НИР) по грантам $\Delta G - \Delta Y_1$ и генерация объектов интеллектуальной собственности $\Delta I - \Delta Y_1$.

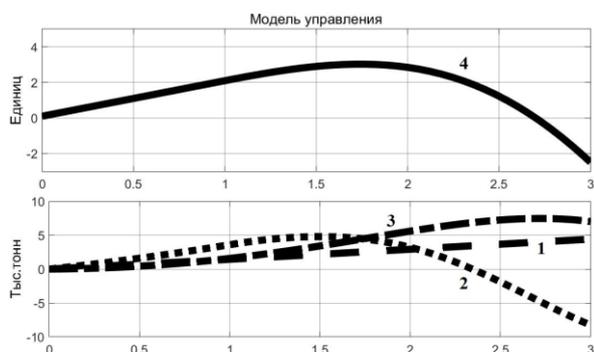


Рисунок 4.59 - Моделирование канала $\Delta G - \Delta Y_1(t)$. 1 – без регулирования; 2 - $K_p = 2$, $K_i = 1$; 3 - $K_p = 0,1$, $K_i = 2$; 4 - G

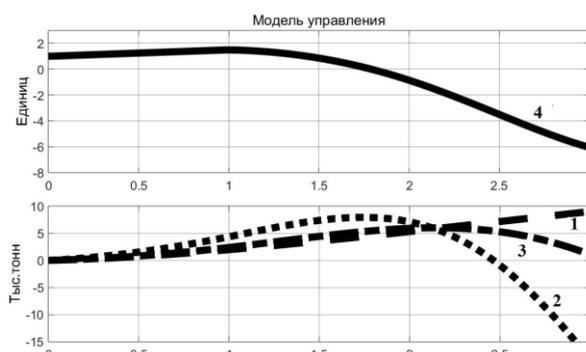


Рисунок 4.60 - Моделирование канала $\Delta I - \Delta Y_1(t)$. 1 – без регулирования; 2 - $K_p = 2$, $K_i = 0,5$; 3 - $K_p = 1$, $K_i = 0,5$; 4 - I

Графики на рисунке 4.61 отражают влияние каждого из четырех управляющих воздействий (показателей работы СамГТУ - S , P , G , I) на объем нефти, поступившей на переработку - Y_1 .

На рисунке совмещены результаты влияния автономных локальных систем управления (см. рисунок 4.56) на выходной отраслевой индикатор - нефть, поступившую на переработку $Y_1(t)$ при единичном задании $y_{зад} y_{1x_j} = 1(t)$.

Графики приведены при следующих настройках ПИ регулятора $W_{рег} y_{1x_j}(p)$:

1 – выпуск студентов - S для $K_p = 0,1$, $K_i = 7$, $K_{oc} y_{1x_1} = 0,05$; 2 – общее число научных публикаций - P для $K_p = 5$, $K_i = 3$, 3 – выполнение НИР по грантам – G для $K_p = 0,1$, $K_i = 2$, 4 – генерация объектов интеллектуальной собственности – I для $K_p = 1$, $K_i = 0,5$. Здесь и далее $K_{oc} y_{kx_j}$ – коэффициенты обратной связи, отражающие долю отраслевого дохода, направленного на финансирование кадрового обеспечения (см. рисунок 4.56).

Применяя по каждому каналу разные весовые коэффициенты, можно обеспечить желательную траекторию развития региональной нефтяной отрасли по показателю Y_1 .

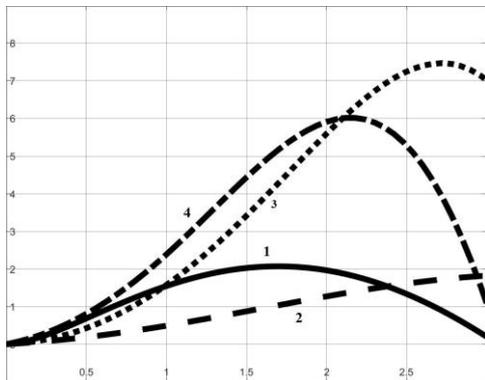


Рисунок 4.61 – Влияние локальных систем регулирования на параметр $Y_1(t)$ - нефть, поступившая на переработку
1 – выпуск студентов - S , 2 – общее число научных публикаций - P , 3 – выполнение НИР по грантам – G , 4 – генерация объектов интеллектуальной собственности - I

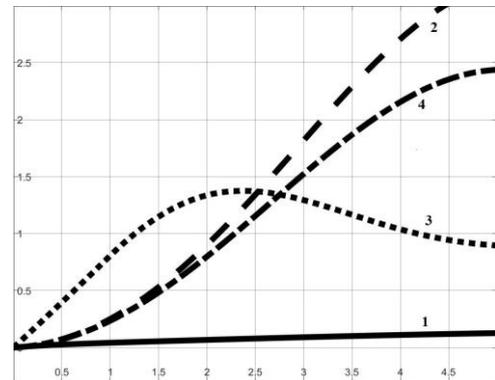


Рисунок 4.62 – Влияние локальных систем регулирования на среднегодовую производственную мощность нефти $Y_2(t)$
1 – выпуск студентов - S , 2 – общее число научных публикаций - P , 3 – выполнение НИР по грантам – G , 4 – генерация объектов интеллектуальной собственности - I

Аналогично, оценим потенциал управления при автономном воздействии на все рассматриваемые отраслевые индикаторы Y_1 , Y_2 , Y_3 по каждому из четырех входных каналов - S , P , G , I , т.е. управление объектами (4.29), (4.32), (4.35), (4.37), (4.39) – (4.46).

Графики на рисунке 4.62 отражают автономное воздействие на среднегодовую производственную мощность нефти $Y_2(t)$ четырех выходных показателей СамГТУ (S , P , G , I) при единичном задании $y_{зад} y_{2x_j} = 1(t)$. Графики приведены для наилучших настроек ПИ регуляторов $W_{рег} y_{2x_j}(p)$: 1 – выпуск студентов - S для $K_p = 2$, $K_i = 5$; 2 – общее число научных публикаций - P для $K_p = 1$, $K_i = 10$; 3 – выполнение НИР по грантам – G для $K_p = 1000$, $K_i = 10$; 4 – генерация объектов интеллектуальной собственности – I для $K_p = 10$, $K_i = 10$.

Из графиков на рисунке 4.62 видно, что влияние всех четырех управляющих воздействий сравнительно близко друг к другу, а влияние интеллектуальной собственности I и общего числа научных публикаций P преобладает.

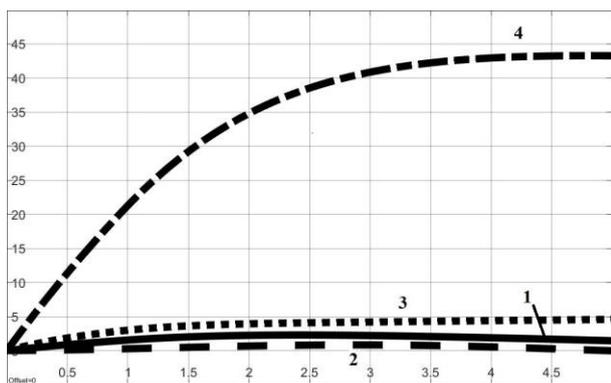


Рисунок 4.63 – Влияние локальных систем регулирования на производство нефтепродуктов $Y_3(t)$

1 – выпуск студентов - S , 2 – общее число научных публикаций - P , 3 – выполнение НИР по грантам – G , 4 – генерация объектов интеллектуальной собственности - I

2 – общее число научных публикаций - P для $K_p = 0,2$, $K_i = 2$; 3 – выполнение НИР по грантам – G для $K_p = 1$, $K_i = 0,2$, $K_{ос} y_{3x_3} = 0,1$; 4 – генерация объектов интеллектуальной собственности – I для $K_p = 1$, $K_i = 0,4$, $K_{ос} y_{3x_4} = 0,01$.

Из графиков на рисунке 4.63 видно преобладающее влияние генерации объектов интеллектуальной собственности I , остальные три входа оказывают меньшее воздействие.

Графики на рисунке 4.63 отражают автономное воздействие на производство нефтепродуктов $Y_3(t)$ четырех выходных показателей СамГТУ (S , P , G , I) при единичном задании $y_{зад} y_{3x_j} = 1(t)$.

Графики приведены для наилучших настроек ПИ регуляторов $W_{рег} y_{3x_j}(p)$: 1 – выпуск студентов - S для $K_p = 0,5$, $K_i = 3$, $K_{ос} y_{3x_1} = 0,2$;

4.6.2. Согласованное кадровое управление отраслевыми показателями нефтяной промышленности Самарской области

Используя результаты моделирования трех индикаторов эффективности отраслевого нефтяного кластера Y_1 , Y_2 и Y_3 (см. рисунки 4.61, 4.62 и 4.63), управляемых автономно вузовскими показателями кадрового обеспечения S , P , G и I , можно предложить алгоритм управления этими показателями.

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} $j = \overline{1,4}$, которые содержат в скрытой форме как затраты на соответствующую часть кадрового обеспечения, так и конъюнктурную важность отраслевого показателя. Эти коэффициенты k_{x_j} $j = \overline{1,4}$ могут быть определены, например, экспертными оценками, методом анализа иерархий (МАИ), методом DEA [44] и т. д.

Их влияние на соответствующий индикатор рассмотрим в форме:

$$\Delta Y_{k_{SPGI}} = k_{x_1} \Delta Y_{S_k} + k_{x_2} \Delta Y_{P_k} + k_{x_3} \Delta Y_{G_k} + k_{x_4} \Delta Y_{I_k}, \quad k_{x_1} + k_{x_2} + k_{x_3} + k_{x_4} = 1 \quad (4.50)$$

Для примера рассмотрим суммарное влияние на отраслевые показатели эффективности нефтяной промышленности Самарской области всех четырех показателей деятельности СамГТУ S , P , G и I при значениях весовых коэффициентов $k_{x_1} = 0,2$, $k_{x_2} = 0,2$, $k_{x_3} = 0,3$, $k_{x_4} = 0,3$.

Схема реализации моделирования в программном пакете «Simulink» в среде «MATLAB» по k -му выходу при $k = \overline{1,3}$, где $y_1 = Y_1$, $y_2 = Y_2$, $y_3 = Y_3$ и x_j ($j = \overline{1,4}$) входу ($x_1 = S$, $x_2 = P$, $x_3 = G$, $x_4 = I$) представлена на рисунке 4.64 для объектов (4.29), (4.32), (4.35) и (4.37).

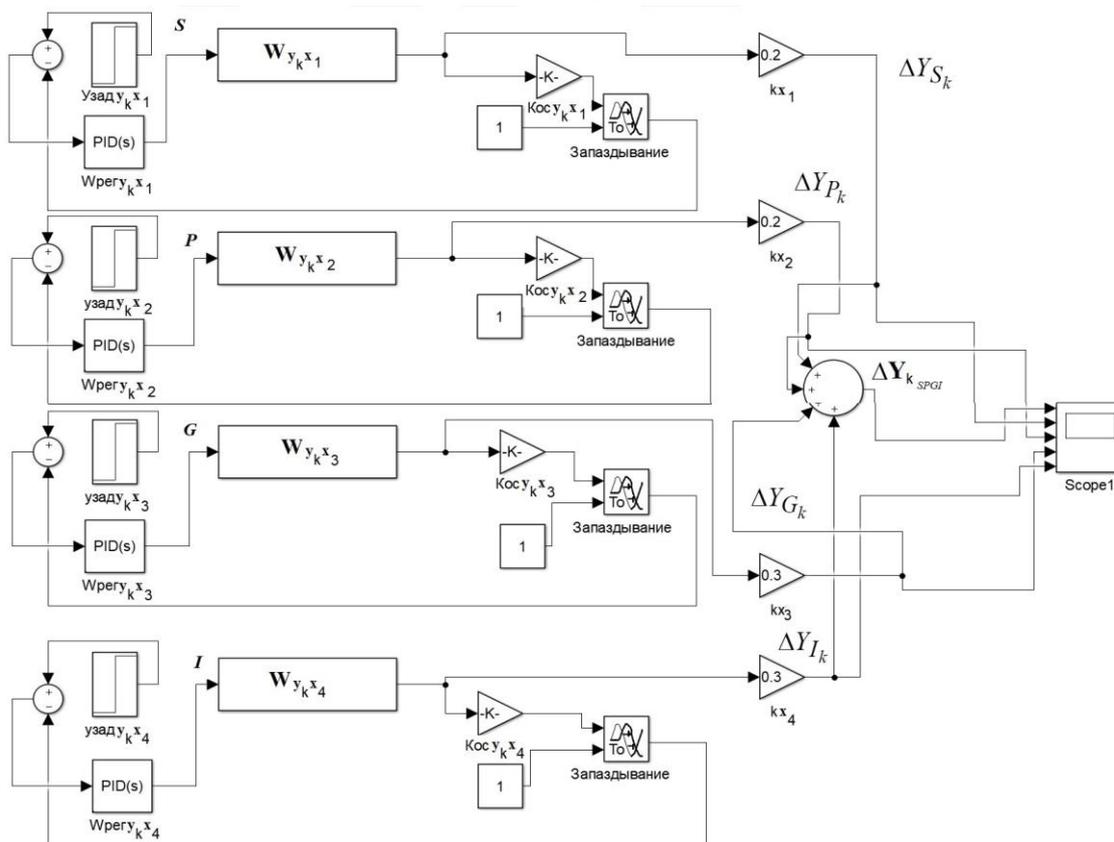


Рисунок 4.64 – Схема моделирования алгоритма управления k -м показателем эффективности по j -му входу в программном пакете «Simulink» в среде «MATLAB»

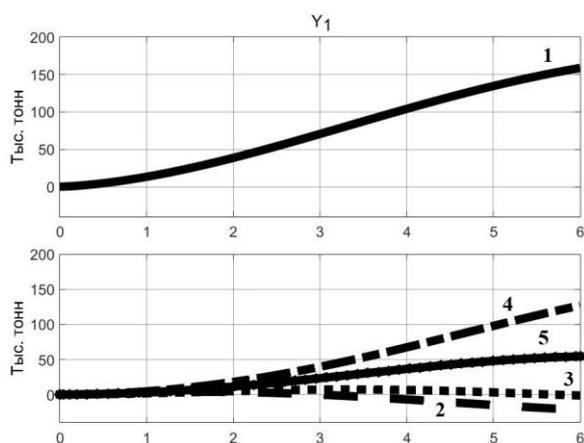


Рисунок 4.65 – Моделирование суммарного автоматизированного управления индикатором $Y_1(t)$

На рисунке 4.65 представлен график роста показателя Y_1 - нефти, поступившей на переработку, при совместном воздействии входных величин S , P , G и I (кривая 1) и соответствующие компоненты суммарного значения Y_1 от величин: ΔY_{S_1} (кривая 2), ΔY_{P_1} (кривая 3), ΔY_{G_1} (кривая 4) и ΔY_{I_1} (кривая 5).

Настроечные параметры K_p , K_i , и K_{oc} ПИ регуляторов и заданные значения компонент $y_{зад_j}$ представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Настройки ПИ регуляторов для Y_1

Параметры	$X_1 = S$	$X_2 = P$	$X_3 = G$	$X_4 = I$
$y_{зад_1}$	10	20	10	20
K_p	0,5	5	0,1	0,2
K_i	7	3	2	0,2
$K_{ос}$	0,05	1	0,05	0,25

Аналогичные результаты моделирования приведены на рисунках 4.66, 4.67 и в таблицах 4.3 и 4.4.

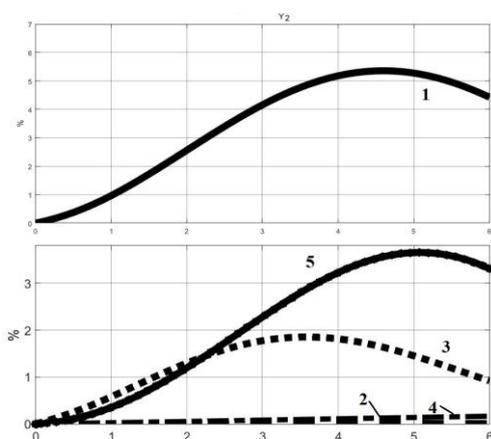


Рисунок 4.66 – Моделирование суммарного автоматизированного управления индикатором $Y_2(t)$

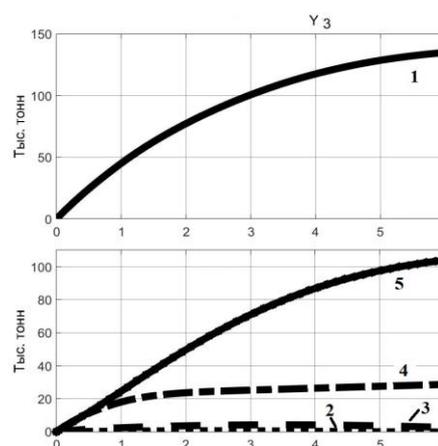


Рисунок 4.67 – Моделирование суммарного автоматизированного управления индикатором $Y_3(t)$

Таблица 4.3 – Настройки ПИ регуляторов для Y_2

Параметры	$X_1 = S$	$X_2 = P$	$X_3 = G$	$X_4 = I$
$y_{зад}$	1	5	1	5
K_p	100	10	100	1
K_i	100	10	10	10
$K_{ос}$	1	1	1	1

Таблица 4.4 – Настройки ПИ регуляторов для Y_3

Параметры	$X_1 = S$	$X_2 = P$	$X_3 = G$	$X_4 = I$
$y_{зад}$	20	20	20	10
K_p	0,5	0,2	1	0,3
K_i	1	0,1	0,2	0,3
$K_{ос}$	0,01	1	0,05	0,01

Результаты моделирования, представленные на рисунках 4.66 - 4.67, демонстрируют возможности стабильного роста показателей эффективности нефтяной отрасли Самарской области за счет кадрового управления. 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.

4.7. Структура управления подготовкой персонала для нефтяного кластера Самарской области в подсистеме кадрового обеспечения АСУП

Полученные результаты позволяют предложить алгоритм и структуру подсистемы кадрового обеспечения АСУП при управлении подготовкой кадров для нефтяной промышленности Самарской области (рисунок 4.68).

Базовое финансирование основного поставщика специалистов нефтяной промышленности Самарской области - СамГТУ (блок 2) поступает из федерального бюджета с учетом регионального отраслевого заказа (блок 1) (рисунок 2.34). При этом фиксируются плановые показатели и ресурсы СамГТУ:

- общий объем бюджетных средств вуза – K_1 , тыс.руб.;
- общий объем средств вуза – K_2 , тыс.руб.;
- затраты на НИОКР, включающие бюджет НИЧ вуза – K_3 , тыс. руб.;
- общее количество студентов, принятых в вуз – L_1 , чел.;
- общее количество студентов, принятых на 1 курс на обучение по договорам об оказании платных образовательных услуг – L_2 , чел.;
- общая численность сотрудников университета – L_3 , чел.;
- общая численность работников с учеными степенями доктора и кандидата наук – L_4 , чел.

Значительная часть областного бюджета формируется нефтяной отраслью (глава 2), а институт нефтегазовых технологий в составе СамГТУ является крупнейшим подразделением, подавляющее большинство его выпускников работает в региональной нефтяной отрасли.

Поэтому существенная часть финансирования СамГТУ и доля плановых показателей определяется целевыми вложениями от нефтяных компаний (спонсоры и другие виды финансовой помощи) и фондов поддержки научной,

научно-технической и инновационной деятельности, в том числе государственных и негосударственных (выделение средств на научные исследования и разработки – гранты G , публикации P и объекты интеллектуальной собственности I) (блок 11).

Индикаторы деятельности СамГТУ: выпуск студентов – S ; общее число научных публикаций – P ; выполнение НИР по грантам – G и генерация объектов интеллектуальной собственности – I , отражающие его влияние на показатели эффективности нефтяной отрасли Самарской области: объем нефти, поступившей на переработку (Y_1), среднегодовая производственная мощность нефти, поступившей на переработку (Y_2) и производство нефтепродуктов (Y_3) рассматриваются в качестве входа соответствующего блока – 3.

Эти блоки в структуре подсистемы кадрового обеспечения отражены математическими моделями СМММ (3.22) – (3.53) (см. рисунок 3.14) – блок 4 и (3.16) - (3.21) (см. рисунок 3.1) – блок 5. Причем в блоке 4 формируется СМММ деятельности СамГТУ в форме (3.3), а в блоке 6 – обратная. Т. е. по требуемым значениям коррекции выходных показателей деятельности СамГТУ – ΔS , ΔP , ΔG и ΔI по модели СМММ деятельности СамГТУ (раздел 3.4) 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 (3.16) - (3.21), (3.22) - (3.53) в блоках 4, 5, 6 формируются на основе статистических данных соответствующих промышленных и образовательных учреждений (рисунки 2.27, 2.29, 2.30, 2.35 - 2.37, 2.39 - 2.46).

Результаты моделирования в соответствии с методикой (раздел 4.3) используются для формирования передаточных функций $W_{y_k x_j}(p)$ (4.29), (4.32), (4.35), (4.37), (4.39) – (4.46) (блок 7) с помощью корреляционного анализа результатов моделирования и статистических данных. Эти передаточные функции используются в структуре САУ с синтезированными с помощью «MATLAB» (раздел 4.6.3) регуляторами $W_{регул. x_j}(p)$ (рисунки 4.65 – 4.67) (блок 9).

В моделях САУ (блоки 7, 8, 9) определяются значения корректирующих показателей СамГТУ ΔS , ΔP , ΔG и ΔI , необходимые для достижения заданных менеджментом нефтяной отрасли желательных показателей $y_{зад y_j x_j}$ эффективности отраслевого регионального нефтяного кластера (рисунок 4.64, таблицы 4.2 – 4.4).

Блок 8 в модели САУ отражает запаздывание в один финансовый год в динамических моделях реализации управляющих воздействий ΔS , ΔP , ΔG , ΔI на динамическую модель объекта управления $W_{y_k x_j}(p)$.

На обратной модели в форме СМММ СамГТУ (блок 6) полученные в динамической модели САУ (блоки 7, 8, 9) значения коррекций требуемых выходных показателей СамГТУ ΔS , ΔP , ΔG и ΔI 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 в форме СМММ регионального нефтяного кластера для использования в качестве сигналов обратной связи \bar{Y}_1 , \bar{Y}_2 , \bar{Y}_3 в САУ для динамической линеаризации невязок

$$\Delta Y_1 = Y_{зад y_1 x_j} - \bar{Y}_1, \Delta Y_2 = Y_{зад y_2 x_j} - \bar{Y}_2, \Delta Y_3 = Y_{зад y_3 x_j} - \bar{Y}_3$$

Оценка затрат на региональное финансирование кадрового обеспечения отрасли в случае квитирования предложенного управленческого решения производится в блоке 10 соответствующим интерпретированием динамического изменения корректировки ΔY_1 , ΔY_2 , ΔY_3 показателей эффективности отрасли с их долей в создании дополнительного дохода C_{Y_1} , C_{Y_2} , C_{Y_3} и с весовыми коэффициентами 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).

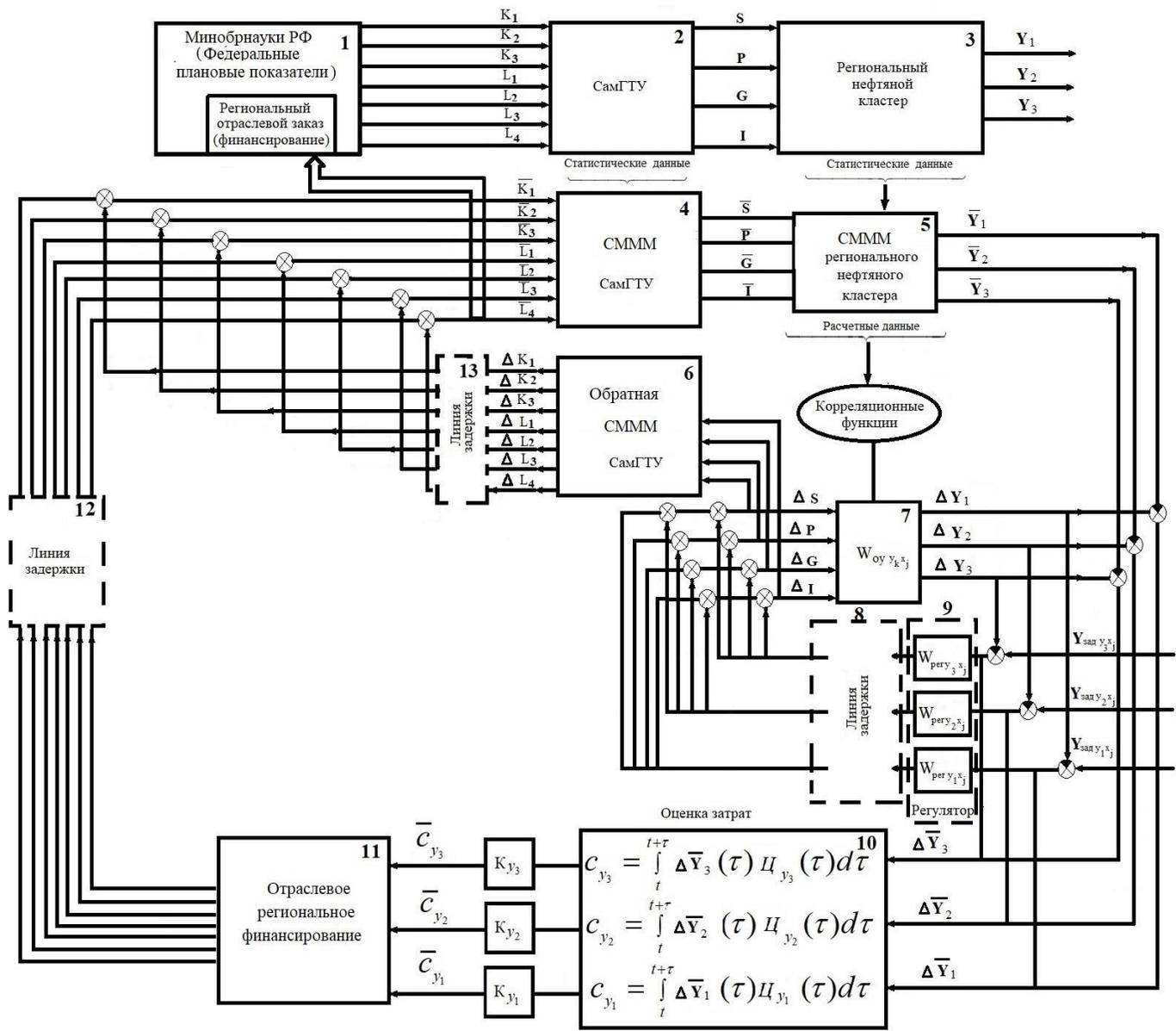


Рисунок 4.68 - Структура управления подготовкой персонала для нефтяного кластера Самарской области в подсистеме кадрового обеспечения АСУП

4.8. Выводы по четвертой главе

1. Поставлена и формализована задача динамического управления кадровым обеспечением регионального нефтяного кластера
2. Разработана методика и решена задача структурно-параметрической идентификации динамической модели кадрового обеспечения региональным вузом нефтяного кластера путем регуляризации на основе корреляционных функций.
3. Построены динамические модели «вуз – нефтяной кластер» в форме дифференциальных уравнений и передаточных функций и проведена верификация полученных динамических моделей.
4. Разработана структура алгоритма автоматизированного управления кадровым обеспечением нефтяной отрасли как локальной замкнутой системы автоматического управления индикаторами эффективности.
5. Разработана структура алгоритма управления кадровым обеспечением вузом нефтяного кластера Самарской области в подсистеме кадрового обеспечения АСУП.
6. В рассмотренном примере показатели эффективности работы регионального нефтяного комплекса за счет кадровых решений 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.

Заключение

1. Проведенный анализ показывает, что, несмотря на обширный список опубликованных по теме диссертации работ, проблемы взаимосвязи высшего образования и промышленности, вопросы эффективного трудоустройства выпускников вузов относятся к числу недостаточно исследованных.
2. В Самарской области работает большое количество предприятий, занимающихся добычей нефти, транспортировкой, переработкой, хранением и сбытом нефтепродуктов. Подготовка кадров для нефтяной промышленности – один из важнейших и управляемых факторов эффективности нефтяной отрасли Самарской области.
3. Качество работы нефтяной отрасли Самарской области достаточно полно оценивается официальными статистическими индикаторами, основными из которых можно считать: среднегодовую производственную мощность выпуска нефти, поступившей на переработку, количество нефти, поступившей на переработку и объем производства нефтепродуктов (дизельного топлива, бензина и топочного мазута) в Самарской области.
4. Установлено, что наиболее эффективно кадровые проблемы региональной нефтяной отрасли можно решить путем разработки эффективных алгоритмов управления кадровым обеспечением нефтяного кластера в составе соответствующей АСУП на базе системного анализа, моделирования и управления подготовкой кадров в комплексе «вуз - нефтяной кластер».
5. Математические модели в связи с изменчивостью экономической конъюнктуры в связке «региональная нефтяная отрасль – подготовка кадров в вузе» целесообразно функционально ориентировать на небольшую ресурсоемкость вычислительных средств, возможность быстрой и удобной идентификации и адаптации с целью получения краткосрочного и среднесрочного прогноза.

6. Для эффективного удовлетворения требованиями к кадрам нефтяного комплекса Самарской области используются следующие основные показатели деятельности регионального вуза – Самарского государственного технического университета - СамГТУ: выпуск студентов и участие студентов в научной работе, в том числе общее число научных публикаций, выполнение научно-технических работ по грантам и генерация объектов интеллектуальной собственности.
7. Разработана структура регрессионных степенных мультипликативных многофакторных математических моделей, отражающих существенные причинно-следственные связи кадрового обеспечения регионального производственного комплекса «вуз – нефтяной кластер».
8. Разработаны математические модели вуза, отражающие влияние ресурсов регионального вуза на его показатели подготовки кадров.
9. Выявлены наиболее значимые системные связи на основе анализа чувствительности моделей к входным факторам. Выбраны критерии адекватности и верификации математических моделей.
10. Проведена сравнительная комплексная многокритериальная оценка относительной эффективности кадрового обеспечения региональной нефтяной промышленности.
11. Полученные автором функционально ориентированные на применение в АСУП регрессионные СМММ позволяют прогнозировать влияние индикаторов подготовки кадров в региональном вузе области на развитие нефтяной отрасли и наметить меры по развитию отрасли, университета и форм их взаимодействия.
12. Поставлена и формализована задача динамического управления кадровым обеспечением регионального нефтяного кластера.
13. Разработана методика и решена задача структурно-параметрической идентификации динамической модели кадрового обеспечения региональным вузом нефтяного кластера путем регуляризации на основе корреляционных функций.

14. Построены динамические модели «вуз – нефтяное производство» в форме дифференциальных уравнений и передаточных функций и проведена верификация полученных динамических моделей.
- 15.. Разработана структура алгоритма управления кадровым обеспечением вузом нефтяного кластера Самарской области в подсистеме кадрового обеспечения АСУП.
16. В рассмотренном примере показатели эффективности работы регионального нефтяного комплекса за счет кадровых решений 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.

Список литературы

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. М.: Юнити, 1998. - 1022 с.
2. Алексеев В.В. Определение потребности в инженерно-технических кадрах: Обзоры по электронной технике / В.В. Алексеев. – М.: ЦНИИ «Электроника», 1987. – 48 с.
3. Аллак Ж. Вклад в будущее: Приоритет образования / Progr. Развития ООН / Ж. Аллак. - М.: Педагогика-Пресс, 1993. с. 162-165.
4. Андюкаева Ю.В. Проблемы привлечения молодых специалистов в организации нефтегазового комплекса Российской Федерации / Ю.В. Андюкаева //Человеческий и производственный потенциал Российской экономики перед глобальными и локальными вызовами. Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.. – Саратов. 2018. С. 18-25.
5. Анисимов С.А. Типовые линейные модели объектов управления / С.А. Анисимов, И.С. Зайцева, Н.С. Райбман, А.А. Яралов. Под. ред. Райбмана Н.С., - М.: Энергоатомиздат, 1983. -264 с.
6. Ансофф И. Стратегическое управление / И. Ансофф - М.: Экономика, 1989. – 312 с.
7. Байков Н.М. Кадровый потенциал органов власти: опыт социологического анализа/ Н.М. Байков. - Хабаровск: ДВАГС, 2005. – 254 с.
8. Балаба В.И. Кадровое обеспечение нефтегазового дела / В.И. Балаба // Бурение и нефть. 2013. С. 12-15.
9. Балынская Н.Р. Система управления кадровым потенциалом современной организации / Н.Р. Балынская, Н.В. Кузнецова, О.Н. Сеницына // Вопросы управления. – Екатеринбург. № 2 (39). 2016. С. 214-220.
10. Барсукова А.В. Особенности формирования кадрового резерва на предприятиях нефтегазодобывающего сектора / А.В. Барсукова, В.В.

- Задворная // Вопросы студенческой науки. – СПб. Выпуск № 11(39), ноябрь 2019. С. 275-282.
11. Басалаева Н.А. Моделирование демографических процессов и трудовых ресурсов / Н.А. Басалаева. – М.: Наука, 1978. 88 с.
 12. Баскова М. Л. Анализ развития нефтяной отрасли России / М.Л. Баскова // Актуальные вопросы экономики и управления: материалы III Междунар. науч. конф. - М.: Буки-Веди, 2015. С.16-19.
 13. Бережная Е.В. Математические методы моделирования экономических систем / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. – М.: Финансы и статистика, 2002.- 368 с.
 14. Бермант М.А. Математические проблемы и планирование образования / М.А. Бермант, Л.К. Семенов, В.Н. Сулицкий. - М: Наука, 1972. - 110 с.
 15. Бадамшин Р. А. Информационная система моделирования динамики функционирования государства как элемента мировой системы/ Р. А. Бадамшин, Е.Ш. Закиева, Б.Г. Ильясов // Информатизация образования и науки. ФГАУ «ФИЦТО». - М.: № 1(13): 2012. С. 98-108.
 16. Белотелов Н.В. Сложность. Математическое моделирование. Гуманитарный анализ: Исследование исторических, военных, социально-экономических и политических процессов / Н.В. Белотелов, Ю.И. Бродский, Ю.Н. Павловский. - М.: Книжный Дом "ЛИБРОКОМ", 2009. - 320 с.
 17. Боков В. В. Иерархическая модель управления подготовкой кадров специалистов с высшим образованием в регионах / В.В. Боков // Экономика и математические методы. – 1990. – Т. 26. № 6 С. 1065-1070 .
 18. Большаков А.С. Менеджмент / А.С. Большаков. - СПб. : Питер, 2011. – 160 с.
 19. Боргоякова Т.Г. Математическое моделирование: определение, применяемость при построении моделей образовательного процесса / Т.Г. Боргоякова, Е.В. Лозицкая // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». Том

- 9, №2 (2017) [Электронный ресурс] : - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/82TVN217.pdf>.
20. Булыгина О.В. Инструменты развития человеческого капитала предприятий нефтехимического комплекса / О.В. Булыгина, В.А. Долгов, А.А. Рафикова // Монография. Универсум. - Смоленск. 2014. - 178 с.
21. Большаков А.А. Построение математических моделей социально-экономических процессов на основе статусных функций / А.А. Большаков, И.В. Вешнева, Г.Ю. Чернышова // Математические методы в технологиях и технике. 2022. № 12. Часть 2. С. 183-190. DOI 10.52348/2712-8873_ММТТ_2022_12_183.
22. Браверман Э. М. Математические модели планирования и управления в экономических системах / Э. М. Браверман. - М: Наука, 1976. - 366 с.
23. Виттих В.А. Принципы управления процессом рождения инновационных идей/ В.А. Виттих, Д.В. Горбунов, Т.В. Моисеева, С.В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XVII Международной конференции. – Самара. 2015. С. 202-214.
24. Веснин В.Р. Управление персоналом. Теория и практика / В.Р. Веснин – М.: Проспект, 2009. – 688 с.
25. Волкова В.Н. Прогнозирование потребности в специалистах на основе количественной оценки потоков перерабатываемой информации / В.Н. Волкова, А.А. Денисов //Решение задач упр. Высш. шк. с использ. мат. моделей.- М.: НИИВШ, 1990. –С.12-24.
26. Волохин А.В. Модернизация системы непрерывного многоуровневого образования в условиях ресурсного центра подготовки кадров для нефтяной и газовой промышленности / А.В. Волохин // Среднее профессиональное образование. - М.: №2, 2009. С.11-12.
27. Воробьев А.Е. Особенности подготовки инженерных кадров в нефтегазовых вузах/ А.Е. Воробьев, А.К. Мурзаева // Вестник Атырауского университета нефти и газа им. С. Утебаева. № 1(45), 2018. С. 13-28.

28. Гаврилова А.А. Конструирование моделей и построение краткосрочного перспективного прогноза выпуска специалистов / А.А. Гаврилова, П.А. Голованов, Н.В. Дилигенский, Е.П. Тупоносова // Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки». июнь 2011. № 2(30). - Самара. С.21-29.
29. Гайцгори В.Г. Взаимосвязь задач оперативного управления производством и локальной оптимизации установок на предприятиях с непрерывной технологией / В.Г. Гайцгори, Э.Л. Ицкович, А. А. Первозванский, Л.Р. Соркин // Автоматизированные системы управления. – М.: 1986, № 6, С. 135–146.
30. Гальперин В. М. Микроэкономика / В. М. Гальперин, С.М. Игнатьев, В.И. Моргунов. В 2-х томах. Институт "Экономическая школа", - СПб. 2004.
31. Глазырин М. В. Производственно-социальные комплексы регионов и управление ими / М. В. Глазырин. РАН. Комис. по изуч. произв. сил. и природ. ресурсов. - М.; Новгород, 1997. - 94 с.
32. 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, 2022. - СПб. - 2022. С. 24-31.
33. 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. – Самара. Том 15, №6(2), 2013. С. 339-343.
34. Гохберг Л.М. Технологические инновации в промышленности и сфере услуг / Л.М. Гохберг, И.А Кузнецова. - М.: ЦИСН, 2001. -207 с.
35. Граничина О.А. Математические модели управления качеством образовательного процесса в вузе с активной оптимизацией / О.А. Граничина // Стохастическая оптимизация в информатике. Том 2, № 1-1. – СПб. 2006. С.77-108.
36. Гришин В.К. Статистические методы анализа и планирования экспериментов / В.К. Гришин. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975. 128 с.

37. Гуртов В.А. Прогнозирование потребностей региональных экономик в выпускниках системы высшего профессионального образования / В. А. Гуртов, А. Г. Мезенцев, Е. А. Питухин // Рынок труда и рынок образования в Республике Карелия. - Петрозаводск, 2003. С. 59-72.
38. Гуртов В. А. Анализ потребности в специалистах с экономическим и юридическим образованием для народного хозяйства Республики Карелия/ В.А. Гуртов, А.Г. Мезенцев. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://localbudget.karelia.ru/sbornik/st13.htm>.
39. Демидович Б.П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. - М.: 1967, С.368.
40. Джек Л.Н. Потребность в квалифицированных рабочих кадрах на рынке труда промышленного сектора экономики Тюменской области/ Л.Н. Джек // Академический вестник. Тюменская государственная академия мировой экономики, управления и права. № 4 (10), 2009. С.35-41.
41. Дилигенская А.Н. Математическое моделирование и анализ процессов управления производственными системами / А.Н. Дилигенская //Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: технические науки. № 3(28). – Самара: 2010. С. 14-18.
42. Дилигенский Н.В. Определение потребностей сварочного производства в кадрах специалистов на основе системной методологии / Н.В. Дилигенский, В.С. Михайлов. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 1992. – 40 с.
43. Дилигенский Н.В. Математические модели управления производственно-экономическими системами / Н.В. Дилигенский, М.В. Цапенко, А.А. Гаврилова; Самар. гос. техн. ун-т. – Самара: 2005. - 112 с.
44. Дилигенский Н.В. Построение и идентификация математических моделей производственных систем/ Н.В. Дилигенский, М.В. Цапенко, А.А. Гаврилова; Самар. гос. техн. ун-т. – Самара: 2005. - 126 с.

45. Дмитриева О. М. Модель управления инновационной деятельностью нефтяных компаний / О. М. Дмитриева // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. № 12. – М.: 2009. С.19-25.
46. Дорофеев В. Д. Эффективность управления трудовыми ресурсами предприятия при внедрении системы менеджмента качества : монография / В.Д. Дорофеев, А. Н. Шмелева. – Пенза : Информационно-издательский центр ПГУ, 2008. - 210 с.
47. Дьяконов В. П. MATLAB. Полный самоучитель / В. П. Дьяконов. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 768 с.
48. Евдокимова Л.Н. Экономическая роль образовательной подготовки трудовых ресурсов / Л.Н. Евдокимова, И.В. Кириченко. М.: Экономика, 1983. - 127 с.
49. Ежегодная информация об исполнении федерального бюджета. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://www.minfin.ru/ru/statistics/fedbud/> .
50. Живаева В.В. Повышение уровня подготовки инженеров нефтегазовой отрасли путем привлечения студентов к научно-исследовательским работам кафедр / В.В. Живаева, Е.А. Камаева // Российская Академия Естествознания. Успехи современного естествознания. №11, -М.: 2007. С.21-22.
51. Замков О.О. Математические методы в экономике / О.О. Замков, А.В. Толстопятенко, Ю.Н. Черемных. - М.: МГУ, изд-во «Дело и сервис», 1999. -368 с.
52. Заславский И. Е. Совершенствование организации трудоустройства молодежи в региональных комплексных программах повышения эффективности использования трудовых ресурсов / И. Е.Заславский, Г.Н. Григорьянц, В.А. Кузьмин - М.: 1981. – 125 с.
53. Заславский И.Е. Труд, занятость, безработица / И.Е. Заславский. - М.: 1992. – 158 с.

54. Затик О.С. Алгоритмы и программные средства имитационного моделирования для управления эколого-экономическими процессами предприятий нефтяной отрасли на основе метода компонентных цепей / О.С. Затик. Томск. гос.ун-т система упр. и радиоэлектроники: дис. ... канд. техн. наук. - Томск. 2011. - 187 с.
55. Звонарев С.В. Основы математического моделирования / С.В. Звонарев. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 112 с.
56. Иванилов Ю.П. Элементы системного анализа / Ю.П. Иванилов. – М.: Наука, 1980. – 166 с.
57. Иванилов Ю.П. Математические модели в экономике / Ю.П. Иванилов, А.В. Лотов. М.: Наука, 1979. 304 с.
58. Ильясов Б.Г. Интеллектуальные алгоритмы анализа ситуаций и принятия решений при взаимодействии промышленного комплекса с государственным сектором / Б.Г. Ильясов, И.В. Дегтярева, Е.А. Макарова, Т.А. Ефтонова // Актуальные вопросы экономической теории: развитие и применение в практике российских преобразований. – Уфа: 2022. С. 152-156.
59. Инфляция в России [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://уровень-инфляции.рф/таблицы-инфляции> .
60. Информационно-аналитические материалы по результатам проведения мониторинга эффективности деятельности образовательных организаций высшего образования [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://monitoring.miccedu.ru/?m=vpo>
61. Искосков М.О. Анализ научных подходов по управлению производственными системами на предприятиях/ М.О. Искосков, А.А. Руденко, С.Ю. Данилова //Известия Самарского научного центра Российской академии наук.-Самара: 2014. № 1-7. Т. 16. С.1845-1848.
62. Исмаилов Р.Т. Становление нефтегазового образования в России / Р.Т. Исмаилов, Н.А. Караваяева, Н.Ю. Гаврилова //Гуманитаризация

- инженерного образования: методологические основы и практика. – Тюмень: 2018. С.829-835.
63. История информатики и кибернетики в Санкт-Петербурге (Ленинграде). Вып.1. Яркие фрагменты истории / Под общ. ред. чл.-кор. РАН Р.М. Юсупова; составитель М.А. Вус; Ин-т информатики и автоматизации РАН. – СПб.: Наука, 2008. – 356 с.
64. История экономических учений / Под. ред. Автономова В.С. и др. – М.: Инфра-М, 2004. -784 с.
65. Калабеков И.Г. СССР и страны мира в цифрах. Справочное издание / И.Г. Калабеков.– М.:, 2015. – 239 с.
66. Карпенко М.П. Образовательная геодемография России / М.П. Карпенко. – М.: Изд-во СГУ, 2011. – 224 с.
67. Карташова Л.В. Стратегия управления человеческими ресурсами и оценка её эффективности / Л.В. Карташова. - М.: Информ-знание, 2011. – 273 с.
68. Катковская И. В. Условия и инструменты управления кадровым потенциалом организации / И.В. Катковская // Молодой ученый. - 2016. - № 15 (119). - С. 301-305. - URL: <https://moluch.ru/archive/119/32917/> (дата обращения: 19.11.2022).
69. Кельчевская Н. Р. Разработка механизма взаимосвязи вуза и предприятия - объективная необходимость XXI века / Н.Р. Кельчевская, М.И. Строгович. Урал. гос. техн. ун-т - УПИ. - Екатеринбург: 2002 .- 112 с.
70. Кибанов А. Я. Управление персоналом организации/ А. Я. Кибанов.- М.: ИНФРА-М, 2007. – 638 с.
71. Кибанов А.Я. Управление персоналом. Теория и практика. Система управления персоналом / А.Я. Кибанов. - М.: Проспект, 2016. 64 с.
72. Кибанов А. Я. Управление трудоустройством выпускников вузов на рынке труда: монография / А. Я. Кибанов, Ю. А. Дмитриева. – М: НИЦ ИНФРАМ, 2014. – 250 с.
73. Клейнер Г.Б. Производственные функции: Теория, методы, применение / Г.Б. Клейнер. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 239 с.

74. Кобринский Н.Е. Учебник для студентов вузов обучающихся по специальности «Экономическая кибернетика» / Н.Е. Кобринский, Е. З. Майминас, А.Д. Смирнов. - М.: Экономика, 1982. - 408 с.
75. Константинов С.А. Пространство профессий на рынке труда / С.А. Константинов // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – Саратов: № 1(55), 2015. С. 126-131.
76. Корнаков А.Н. Поддержка принятия решений при управлении промышленным предприятием / А.Н. Корнаков, В.Я. Цветков // Современные наукоемкие технологии. №1. – М.: 2010. С.94-95.
77. Кошовкин И. Н. Опыт подготовки и переподготовки кадров для решения задач проектирования и инжиниринга в нефтяной промышленности / И.Н. Кошовкин, А.С. Латышев, А.Г. Чернов // Инженерное образование. №10. – М.: 2012. С.30-41.
78. Кривоножко В.Е. Анализ деятельности сложных социально-экономических систем / В.Е. Кривоножко, А.В. Лычев. - М.: 2010. – 208 с.
79. Круг Г.К. Планирование эксперимента в задачах идентификации и экстраполяции / Г.К. Круг, Ю.А. Сосулин, В.А. Фатуев. М.: Наука, 1997. С.208.
80. Курносова Е.А. Оценка эффективности функционирования нефтяной промышленности Самарской области / Е.А. Курносова // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. Том 2, № 2. – Тольятти: 2016. С.232-239.
81. Курс доллара по годам. - Режим доступа: http://fincan.ru/articles/106_kurs-dollar-a-po-godam-tablica/
82. Кязимов К.Г. Безработица и пути повышение качества рабочей силы на рынке труда: монография / К.Г. Кязимов. – М.: 2001. – 224 с.
83. Кязимов К.Г. Трудоустройство и содействие занятости выпускников вузов и СПО в условиях трансформации рынка труда / К.Г. Кязимов // Труд и социальные отношения. Том 32, № 5. – М.: 2021. С.42-49.

84. Леонтьев В. В. Межотраслевая экономика / В.В. Леонтьев. - М.: Экономика, 1997. 477 с.
85. Лившиц М.Ю. Моделирование инновационного влияния опорного университета на региональную экономику / М.Ю. Лившиц, М.В. Цапенко, Е.В. Франк, Е.П. Тупоносова // Проблемы управления и моделирования в сложных системах. – Самара: 2019. С. 441-445.
86. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов / Ю.П. Лукашин. Финансы и статистика. - М.: 2003. – 413 с.
87. Лысенко А.В. Экономический анализ потребности Брянской области в специалистах, окончивших высшие учебные заведения / А.В. Лысенко // Вестник Брянского государственного университета. №3, - Брянск: 2010. С.28-35.
88. Ляляев В.А. Модель демографических процессов развития образования/ В.А. Ляляев // Образовательная и социально-профессиональная структура населения СССР. - М.: Статистика, 1975. – С. 73-81.
89. Маматов А.В. Разработка моделей поддержки принятия решений по управлению сбалансированностью рынков труда и образовательных услуг в строительной сфере/ А.В. Маматов, Н.П. Путивцева, И.В. Удовенко // Информационные системы и технологии. № 1(111). –Орел: 2019. С. 61-70.
90. Мартынов В.Г. Некоторые тенденции подготовки специалистов и занятости в нефтегазовом комплексе России / В.Г. Мартынов // Нефтяное хозяйство. № 3. – М.: 2003.С.22-27.
91. Моисеева Т.В. Инновационное развитие вуза. Интерсубъективное управление/ Т.В. Моисеева // Инфокоммуникационные технологии. – 2016. – №14(1). – С. 92-99.
92. Мескон М. Основы менеджмента/ М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. Издательство «ДЕЛЮ». - М.: 1997. С.493.

93. Методика построения Национального рейтинга университетов.
Режим доступа:
<https://academia.interfax.ru/ru/ratings/?page=1&rating=1&year=2022> .
94. Методология рейтинга QS в странах БРИКС. Режим доступа:
<https://www.topuniversities.com/brics-rankings/methodology>
95. Министерство экономического развития и инвестиций Самарской области.
Экономика. Самарская область в цифрах. - Режим доступа:
https://economy.samregion.ru/activity/ekonomika/values_so/ .
96. Министерство энергетики Российской Федерации. - Режим доступа:
<https://minenergo.gov.ru>.
97. Модели и методы управления персоналом: Российско-британское учебное пособие / Е.Б. Моргунов (Серия «Библиотека журнала «Управление персоналом»»). - М.: ЗАО «Бизнесшкола «Интел-Синтез», 2001. - 464 с.
98. Мониторинг востребованности и трудоустройства выпускников СамГТУ. -
Режим доступа: <https://samgtu.ru/business/business-monitoring>
99. Мониторинг деятельности организаций высшего образования - Режим
доступа: <https://monitoring.miccedu.ru/>.
100. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа/ Н. Н. Моисеев.
Наука. – М.: 1981. – 488 с.
101. Моисеева Т.В. Инновационное развитие вуза. Интерсубъективное
управление / Т.В. Моисеева // Инфокоммуникационные технологии. Том
14, №1. – Самара: 2016, С. 92-99.
102. Мониторинг качества приема в вузы. - Режим доступа:
<https://4ege.ru/novosti-vuzov/58581-reyting-vuzov-po-ballam-ege.html> .
103. Мониторинг рынка труда в нефтегазовом комплексе. Совет по
профессиональным квалификациям в нефтегазовом комплексе. 2021. 30 с.
104. Мониторинг трудоустройства выпускников. Реестр вузов России. - Режим
доступа:
<https://rspp.ru/upload/iblock/b59/c5a1415f5c8dad447e5179d3eb5f1a70.pdf> .

105. Мониторинг трудоустройства. - Режим доступа:
<https://www.miccedu.ru/static/monitoring-trudoustroystva.html>.
106. Мыльник В.В. Исследование систем управления / В.В. Мыльник, Б.П. Титаренко, В.А. Волочиенко. – М.:– 2003. – 352 с.
107. Народное хозяйство СССР. Статистический сборник, М.:, 1956. – 262 с.
108. Озеров В. К. Модели динамического баланса народного хозяйства: Методол. и методика разраб. и использ. / В.К. Озеров, В. Н. Павлов, А. О. Баранов. - Новосибирск : Наука : 1988. – 302 с.
109. Ольховик А.О. Применение теоретико-игровых моделей кооперативного взаимодействия высших образовательных учреждений на примере Вологодской области / А.О. Ольховик // Международный экономический симпозиум. - СПб.: 2015. С.189.
110. Оноприенко Ю. Г. Разработка моделей и методик для управления инновационными источниками развития на основе методов многокритериального принятия решений (на примере нефтяной отрасли). Дис. ... канд. экон. наук. – Волгоград: 2006. 176 с.
111. Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: монография / В.Д. Орехов. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. - 210 с.
112. Парето В. Учебник политической экономии: пер. с фр. / В. Парето. – 2-е изд. РИОР: ИНФРА-М. – М.: 2018. – 592 с.
113. Первозванский А.А. Математические модели в управлении производством /А.А. Первозванский. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука». - М.: 1975, 616 с.
114. Печерских И.А. Математические модели в экономике: учебное пособие / И.А. Печерских, А.Г. Семенов. – Кемерово: 2011. – 191 с.
115. Подиновский В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач: монография / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. Наука. - М.: 2007. – 255 с.

116. Попов А. Потребность экономики в специалистах и квалифицированных рабочих: методические основы прогнозирования / А. Попов // Человек и труд. №6. – М.: 2004. С.30-35.
117. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика/ Д.А. Поспелов. Наука. – Гл.ред.физ.-мат. лит. - М.: 1986. – 288 с.
118. Постников В. М. Методы принятия решений в системах организационного управления/ В.М. Постников, В.М. Черненький. Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. - М.: 2014. 205 с.
119. Предметный рейтинг по направлению Нефтегазовое дело. - Режим доступа: <https://raex-rr.com/database/contender/10000280>.
120. Производство нефтепродуктов. Министерство энергетики РФ. - Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1213>.
121. Программа «Приоритет-2030» . Режим доступа: <https://minobrнауки.gov.ru/action/priority2030/>.
122. Промышленное производство в России. 2021: Стат.сб./Росстат. – П 81 М., 2021. – 305 с.
123. Пугач В. Ф. Трудоустройство выпускников российских вузов (статистико-социологический анализ)/ В.Ф. Пугач, Е.А. Федорова //Высшее образование в России. № 10. – М.: 2011. С. 136-146.
124. Раянгу В. А. Структура потребности в кадрах по видам образования и основные направления развития системы народного образования Эстонской ССР / В. А. Раянгу. - Таллин : 1979. - 111 с.
125. Рейтинг QS. Режим доступа: <https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2022>.
126. Рейтинг Times Higher Education. - Режим доступа: <https://www.timeshighereducation.com> .
127. Рейтинг лучших вузов России RAEX-100, 2021 год. - Режим доступа: https://raex-a.ru/rankings/vuz/vuz_best_2021#4.
128. Рейтинг лучших вузов России. - Режим доступа: https://raex-a.ru/researches/vuz/vuz_best_2021 .

129. Рикардо Д. Антология экономической классики / Д. Рикардо, В. Петти, А. Смит. Ключ, Эконов. – М.: 1993, 474 с.
130. Романова Т.В. Современный подход к управлению персоналом в компаниях нефтегазового комплекса Российской Федерации / Т.В. Романова, Д.В. Котов // Электронный научный журнал нефтегазовое дело. Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Уфа: 2014. С.562-587.
131. Российский статистический ежегодник. 2018: Стат.сб./Росстат. М.: 2018 – 694 с.
132. Россия в цифрах. 2019: краткий стат.сб./Росстат –М.: 2019 – 549 с.
133. Рыженко В. Ю. Нефтяная промышленность России: состояние и проблемы / В. Ю. Рыженко // Перспективы науки и образования. № 1(7). – Воронеж: 2014. С. 300-308.
134. Садовникова Н.А. Анализ временных рядов и прогнозирование/ Н.А. Садовникова, Р.А. Шмойлова. – М., 2009. -264 с.
135. Самарский А. А., Михайлов А. П. - Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. –М.: 2005. – 316 с.
136. Самарский государственный технический университет. - Режим доступа: <https://samgtu.ru/facts-and-numbers>.
137. Самарский государственный технический университет. - Режим доступа: <https://samgtu.ru/structure>.
138. Самарский государственный технический университет/Миссия опорного университета. - Режим доступа: <https://su.samgtu.ru> .
139. Самарский государственный технический университет/Нормативные документы/Дорожная карта программы развития. - Режим доступа: <https://su.samgtu.ru/files>.
140. Самарский статистический ежегодник. 2009: Стат.сб. Самарастат.- С 17 С., 2010. – 357с.
141. Самарский статистический ежегодник. 2016: Стат.сб. Самарастат.- С 17 С., 2016. – 352с.

142. Самарский статистический ежегодник. 2019: Стат.сб. Самарастат.- С 17 С., 2019. – 355с.
143. Самарский статистический ежегодник. 2020: Стат.сб. Самарастат.- С 17 С., 2020. – 345с.
144. Самарский статистический ежегодник. 2021: Стат.сб. Самарастат.- С 17 С., 2021. – 328 с.
145. Сильвестров А.Н. Многократно адаптивные системы идентификации / А.Н. Сильвестров, О.М. Папченко. - Киев: 1983. – 111с.
146. Симагин Ю.А. Экономическая география и прикладное регионоведение России: учебник для вузов / Ю. А. Симагин, А.В. Обыграйкин, В.Д. Карасаева. — 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2020. - 411 с.
147. Система образования Самарской области в цифрах и фактах (2018- 2019 учебный год) / В.А. Акопьян, С.Ю. Бакулина, С.В. Еремин. – Самара: 2019. – 47 с.
148. Система образования Самарской области в цифрах и фактах (2019- 2020 учебный год)/сост.: В.А.Акопьян, С.Ю.Бакулина, Ю.А.Халиуллина. – Самара: 2020. – 28 с.
149. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов / А. Смит. Т.1. В 2-х т. / Сост. И.А. Столяров. М.: 1993. – 569 с.
150. Советов Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. Высш. шк. – М.: 2001. – 373 с.
151. Спасибов В.М. Частотные и статистические методы идентификации систем управления / В. М. Спасибов, И. А. Каменских, Ю. А. Ведерникова. - Тюмень: ТИУ, 2016. - 105 с.
152. Статистический сборник ТЭК России – 2019. Июнь 2020. Аналитический центр при правительстве Российской Федерации. 62 с.
153. Стратегия развития нефтехимического комплекса Самарской области на период до 2015 года. Постановление Правительства Самарской области №12 от 21.01.2010. Стратегия социально-экономического развития

- Самарской области на период до 2030 года. Постановление Правительства Самарской области № 441 от 12.07.2017.
154. Стратегия развития системы подготовки рабочих кадров и формирования прикладных квалификаций в Российской Федерации на период до 2020 года" (одобрено Коллегией Минобрнауки России, протокол от 18.06.2013 N ПК-5вн).
 155. Суббето А.И. Социогенетика: системогенетика, общественный интеллект, образовательная генетика и мировое развитие / А.И. Суббето. - СПб.; – М.: 2002. - 166 с.
 156. Сулемов В. А. Государственная кадровая политика в современной России/ В.А. Сулемов. - М.: 2005. – 356 с.
 157. Сулицкий В.Н. Организационно-экономические проблемы управления кадрами в отрасли / В.Н. Сулицкий. - М.: Наука, 1986. - 164 с.
 158. Сущевский Е.А. Специфика функционирования нефтяной отрасли в России, современные методы управления производством в нефтяной отрасли/ Е.А. Сущевский //Студенческий вестник. № 4-3(102). М.: 2020. С.82-88.
 159. Таукач Г.Л. Теория инженерной спецификации / Г.Л. Таукач. – Киев: Выща школа, 1976. – 126 с.
 160. Твисс Б. Прогнозирование для технологов и инженеров: практ. руководство для принятия лучших решений / Б. Твисс. - Нижний Новгород: Парсек-НН, 2000. - 256 с.
 161. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Самарской области. - Режим доступа: <https://samarastat.gks.ru/population>.
 162. Тихонов А.Н. Математическое моделирование технологических процессов и метод обратных задач в машиностроении / А. Н. Тихонов, В. Д. Кальнер, В. Б. Гласко. М.: Машиностроение, 1990. - 262 с.
 163. Тихонов А.Н. О решении некорректно поставленных задач и методе регуляризации / А.Н. Тихонов //Материалы к Совместному советско-

- американскому симпозиуму по уравнениям с частными производными. – М.: 1963. №3, С. 501-504.
164. Товкун В.И. Экономико-статистический анализ и прогнозирование потребности народного хозяйства в специалистах / В.И. Товкун, А. В. Головач, Ю. А. Зиньков. – Киев: 1985. – 200 с.
165. Топ-20 регионов России с максимальным производственным потенциалом. - Режим доступа: https://raex-rr.com/news/press-reliz/2019_Jan18/.
166. Травин В.В. Основы кадрового менеджмента / В.В. Травин. – М.: 2005 – 516 с.
167. Трояновский В.М. Математическое моделирование в менеджменте / В.М. Трояновский. – М: Изд-во РДЛ, 2000. – 256 с.
168. Трудоустройство выпускников: методология, мониторинг и анализ /под ред. А.В. Воронина, В. А. Гуртова, Л.М. Серовой. – М.: Экономика, 2015. – 372 с.
169. Тупоносова Е.П. Сравнительный анализ российских вузов в рейтинге QS / Е.П. Тупоносова, П.А. Голованов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Том 17 номер 6(2). – Самара: 2015. С. 435-441.
170. Удовенко И.В. О применении метода формирования сценариев к управлению уровнем сбалансированности на рынке строительных услуг / И.В. Удовенко, О.А. Иващук, Н.П. Путивцева, Т.В. Зайцева // Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2020). –Белгород: 2020. С. 235-239.
171. Федеральная служба государственной статистики. Среднемесячная начисленная номинальная и реальная заработная плата работников организаций. https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries.
172. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 04.08.2023) «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2023). - Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/8f0d1d79be2a396d03ccc8425a2b8cd707481d93/.

173. Франк Е.В. Опорный вуз региона как ядро инновационной экосистемы / Е.В. Франк // Управление инновационными и инвестиционными процессами и изменениями в условиях цифровой экономики. – СПб.: 2019. С. 295-299.
174. Франк Е.В. Формирование региональной инновационной системы на базе опорного вуза: автореф. ... док. экон. наук / Е.В. Франк. – СПб.: 2021. – 39с.
175. Хамидуллин Р. Д. Особенности формирования централизованной модели управления производственными системами (на примере компании "Лукойл") / Р.Д. Хамидуллин // Креативная экономика. М., Том 15, № 10. 2021. С. 3851-3866.
176. Ханило Д. А. Анализ текущего состояния и проблем функционирования предприятий нефтеперерабатывающего и нефтехимического комплексов на современном этапе / Д.А. Ханило // Молодой ученый. – Казань: 2019. - № 35 (273). С. 49-53.
177. Харвонен А. А. Роль нефтяного сектора в экономиках России и СССР: сравнительный анализ / А.А. Харвонен // StudArctic forum. № 1 (5). – Петрозаводск: 2017. С. 138–145.
178. Хикс Дж. Стоимость и капитал / Дж. Хикс. М.: Изд. группа «Прогресс», 1993. 488 с.
179. Цена на нефть марки Brent по годам: 1983 – 2022. - Режим доступа: <http://global-finances.ru/tsena-na-neft-marki-brent-po-godam/>.
180. Цена нефти марки Urals: 2000 – 2022. - Режим доступа: <http://global-finances.ru/tsena-nefti-marki-urals-po-godam/>.
181. Чен К. МАТЛАБ в математических исследованиях / К. Чен, П. Джиблин, А. Ирвинг. –М.: Мир, 2001. – 346 с.
182. Чистякова Т. Б. Применение виртуальной и дополненной реальности для автоматизированного проектирования и управления в нефтехимической и полимерной промышленности / Т. Б. Чистякова, Д. Н. Фураев, А. Н.

- Полосин, С. В. Защирировский // . – 2021. – № 6. – С. 25-32. – DOI 10.25728/avtprom.2021.06.05. – EDN BREOOM.11111112
183. Чуксина В.О. Управление персоналом в компаниях нефтегазового комплекса российской федерации / В.О. Чуксина // Современные тенденции развития теории и практики управления в России и за рубежом. – Тамбов: 2016. С. 102-126.
184. Шаховой В. А. Кадровый потенциал системы управления/ В.А. Шаховой. - М.: 2004 – 268 с.
185. Шелобаев С.И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе/ С.И. Шелобаев // М.: ЮНИТИДАНА, 2001. - 367 с.
186. Шеннон Р. Ю. Имитационное моделирование систем - искусство и наука / Р. Ю. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
187. Шубкин В.Н. Социология и общество: Научное познание и этика науки: монография / В.Н. Шубкин. - М.: ЦСПиМ, 2010 – 424 с.
188. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления / П. Эйкхофф. - М.: Мир, 1975. - 680 с.
189. Экономика. Цена на нефть марки Brent. - Режим доступа: <https://worldtable.info/yekonomika/cena-na-neft-marki-brent-tablica-s-1986-po-20.html>.
190. Эффективные методы прогнозирования кадровых потребностей рынка труда для формирования регионального заказа на подготовку кадров / В. А. Прудникова, Е. Я. Коган, С. Ю. Алашеев. - М.: Федеральный институт развития образования, 2016. – 116 с.
191. Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов / Р. М. Юсупов, М. Ю. Охтилев, Б. В. Соколов. Рос. акад. наук. – М.: Наука, 2006. – 408 с.
192. Яминский А.В. Инженерная элита России: понятие, концепция и школа совершенствования/ А.В. Яминский, А.В. Мышаков //Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – М.: 2011. Выпуск 10. URL <http://technomag.edu.ru/doc/230463.html>.

193. Academic Ranking of World Universities. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://www.shanghairanking.com/rankings/arwu/2021> . (дата обращения: 20.01.2023).
194. Cournot A. Recherches sur les Principes Mathematiques de la Theorie des Richesses / A. Cournot– 1838. – 198 с.
195. QS World University Rankings. [Электронный ресурс] : - Режим доступа: <https://www.topuniversities.com/qs-world-university-rankings>. (дата обращения: 20.01.2023).
196. QS Брикс. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://www.topuniversities.com/university-rankings/brics-rankings/2019>. (дата обращения: 20.01.2023).
197. Solow R. M. A Contribution to the Theory of Economic Growth / R. M. Solow //The Quarterly Journal of Economics. — 1956. (vol. 70, № 1). - P. 65—94.
198. Solow R. M. Technical Change and the Aggregate Production Function/ R. M. Solow // The Review of Economics and Statistics. - 1957. vol. 39, № 3. - P. 312-320.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Сравнение характеристик математической модели (3.16)

Эластичность	Количество нефти, поступившей на переработку $Y_1(t)$		
	Логарифмическая шкала	МНК Матлаб	МНК нелинейная модель Матлаб
χ_1 - для фактора S	-0,14651724	-0,146517243	-0,14636921
κ_1 - для фактора P	0,018176076	0,018176076	0,01837194
φ_1 - для фактора G	-0,02323058	-0,023230581	-0,022789264
ρ_1 - для фактора I	0,04156128	0,04156128	0,040709936

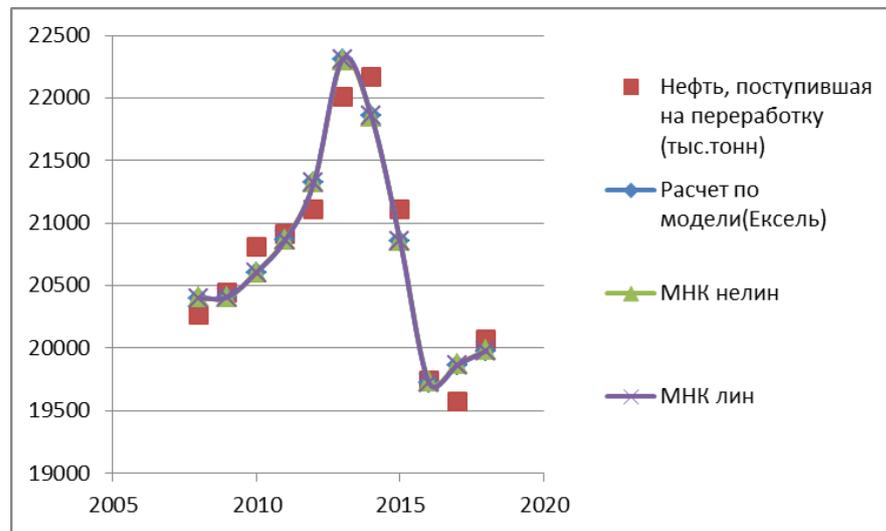


Рисунок А.1 - Результаты моделирования СМММ (3.16) в Excel

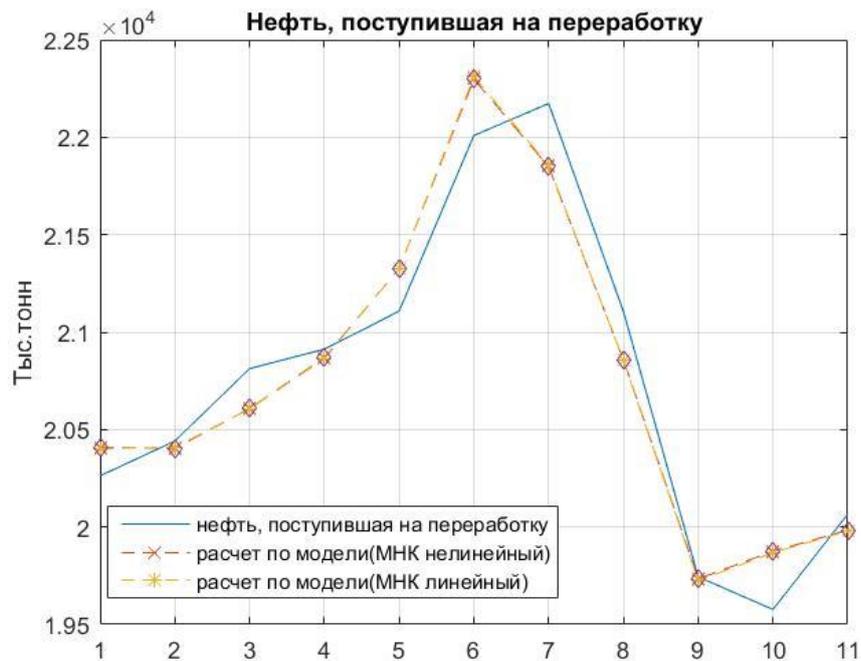


Рисунок А.2 - Результаты моделирования СМММ (3.16) в MATLAB

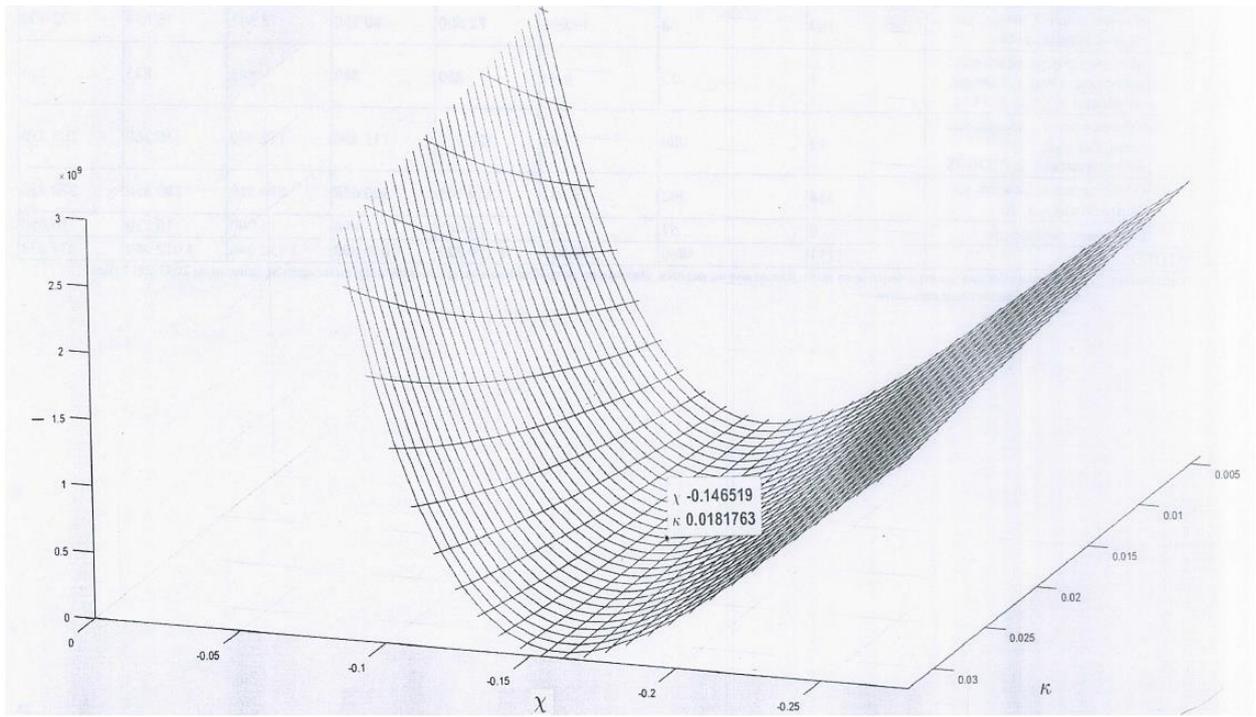


Рисунок А.3 – Поверхность отклика среднеквадратического отклонения моделирования в линейной шкале

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
ДОКУМЕНТЫ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ
ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ



ФИЛИАЛ ПЕНЗЕНСКОЕ РАЙОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТРАНСНЕФТЬ - ДРУЖБА»
 ул. Ульяновская, д. 99; г. Сызрань, Самарская область, Россия; 446001; тел.: (8464) 98-59-12; факс: (8464) 98-59-22;
 e-mail: smru_up_delo@brii.transneft.ru; ОКПО 10453441, ОГРН 1023202736754, ИНН/КПП 3235002178/632543001

СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ

результатов диссертационной работы Тупоносовой Елены Павловны
**«Управление кадровым обеспечением регионального производственного
 комплекса в системе «вуз – нефтяной кластер»**

Справка дана Тупоносковой Е. П. в том, что разработанные в диссертации математические модели и алгоритмы принятия решения используются на АО «Транснефть - Дружба» для выработки решений по управлению кадровым обеспечением.

Результаты демонстрируют эффективность моделей и алгоритмов.

Начальник управления



С.В. Комраков
 20.04.2013

С.В. Комраков



СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ

результатов диссертационной работы Тупоносовой Елены Павловны
«Управление кадровым обеспечением регионального производственного
комплекса в системе «вуз – нефтяной кластер»

Справка дана Тупоносовой Е. П. в том, что разработанные в диссертации «Управление кадровым обеспечением регионального производственного комплекса в системе «вуз – нефтяной кластер» математические модели и алгоритмы взаимодействия с вузом с целью подготовки молодых специалистов используются ООО «СамараНИПИнефть» для выработки решений по управлению кадровым потенциалом.

Результаты демонстрируют высокую эффективность математических моделей и алгоритмов.

Заместитель генерального директора
по персоналу и социальным программам
ООО «СамараНИПИнефть»



[Handwritten signature]
05.04.2023.

Валиулина Л.А.



Утверждаю

Проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО «СамГТУ»

д.п.н., профессор

Юсупова О.В.

« 02 » 02 2023 г.

АКТ

научно-технической комиссии о внедрении положений и выводов
диссертационной работы Тупоносовой Елены Павловны
«Управление кадровым обеспечением регионального производственного
комплекса в системе «вуз – нефтяной кластер»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

Комиссия в составе д.ф.-м.н., зав. кафедрой ПМИ Радченко В.П., к.ф.-м.н., доцента, зам. зав. кафедрой ПМИ Башкиновой Е.В., к.э.н., начальника учебного управления СамГТУ Алонцевой Е.А., составила настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Тупоносовой Е. П., внедрены в учебный процесс на кафедре «Прикладная математика информатика» Самарского государственного технического университета при подготовке выпускных квалификационных работ бакалавров и магистров по направлению 01.03.02 и 01.04.02 «Прикладная математика и информатика».

Результаты научных исследований, проведенных Тупоносовой Е. П. использованы при изучении учебных дисциплин «Математические методы обработки экспериментальных данных» для магистров направления 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», для магистров направления 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» по дисциплине «Математические методы прогнозирования», для бакалавров направления 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» по дисциплине «Математические модели в задачах управления».

Внедрение результатов диссертации улучшает качество учебного процесса.

Заведующий кафедрой «Прикладная
математика и информатика»,
д.ф.-м.н., профессор

Радченко В.П.

Зам. зав. кафедрой «Прикладная
математика и информатика»,
к.ф.-м.н., доцент

Башкинова Е.В.

Начальник учебного управления СамГТУ,
к.э.н., доцент

Алонцева Е.А.

Утверждаю
 первый проректор – проректор
 по научной работе
 ФГБОУ ВО «СамГТУ»
 Ненашев М.В.
 «14» марта 2023 г.

АКТ

научно-технической комиссии о внедрении положений и выводов
 диссертационной работы Тупоносовой Елены Павловны
 «Управление кадровым обеспечением регионального производственного
 комплекса «вуз – нефтяной кластер»,
 представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

Комиссия в составе д.т.н., зав. кафедрой УСАТСК Лившица М.Ю., д.т.н., профессора зам. зав. кафедрой УСАТСК Плешивцевой Ю.Э., к.т.н., доцента, доцента кафедры УСАТСК Серенкова В.Е., составила настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы Тупоносковой Е.П., внедрены в учебный процесс на кафедре «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» Самарского государственного технического университета при подготовке бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплотехника и теплоэнергетика» по профилю «Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике».

Результаты научных исследований, проведенных Тупоносковой Е.П. использованы при выполнении выпускных квалификационных работ и при изучении учебной дисциплины «Теория автоматического управления».

Внедрение результатов диссертации улучшает качество учебного процесса.

Заведующий кафедрой «Управление
 и системный анализ теплоэнергетических
 и социотехнических комплексов»,
 д.т.н., профессор

 Лившица М. Ю.

Зам. зав. кафедрой «Управление
 и системный анализ теплоэнергетических
 и социотехнических комплексов»,
 д.т.н., профессор

 Плешивцева Ю. Э.

Доцент кафедры «Управление
 и системный анализ теплоэнергетических
 и социотехнических комплексов»,
 к.т.н., доцент

 Серенков В. Е.