

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке

Пермского национального

исследовательского политехнического

университета,

доктор физико-математических наук,

доцент



Швейкин А.И.

2023 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»  
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертационная работа Караневской Татьяны Николаевны «*Оптимизация и управление при проектировании и эксплуатации автоматизированных установок промысловой подготовки нефти на основе экономических критериев эффективности*» выполнена на кафедре «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета.

В период подготовки диссертации соискатель КАРАНЕВСКАЯ Татьяна Николаевна работала в должности главного специалиста, начальника отдела проектирования систем сбора, транспорта и подготовки нефти и газа в ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг «ПермНИПИнефть» в г. Перми, с сентября 2020 г. в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на кафедре «Оборудование и автоматизация химических производств» в должности старшего преподавателя.

В 2009 году окончила Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный

технический университет» по направлению «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов». В 2015 году соискатель Караневская Татьяна Николаевна окончила магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств».

В 2019 году окончила аспирантуру очной формы обучения Пермского национального исследовательского политехнического университета по направлению подготовки 27.06.01 – Управление в технических системах.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор ШУМИХИН Александр Георгиевич, работает в должности профессора кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Результаты диссертационной работы *«Оптимизация и управление при проектировании и эксплуатации автоматизированных установок промышленной подготовки нефти на основе экономических критериев эффективности»* были представлены Караневской Татьяной Николаевной на заседании кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств». По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

- выполнена оценка степени разработанности темы диссертации по результатам анализа литературных источников;
- разработана структурная модель автоматизированной системы оптимизации и оперативного управления технологическим режимом работы оборудования установки подготовки нефти;
- разработаны модели связи показателя качества товарной нефти с показателем обводненности сырой нефти и технологическим режимом стадий;
- разработаны математическая модель многостадийного технологического процесса подготовки нефти как объекта управления, метод и алгоритм идентификации математических моделей процессов стадий к текущему режиму эксплуатации установки;
- разработан алгоритм решения задачи оптимизации с целью подбора

оборудования при проектировании объекта подготовки нефти и определения режима работы при управлении действующей установкой;

- предложена методика параллельного проектирования технологии и системы управления установкой промышленной подготовки нефти;

- разработаны базы данных технологического оборудования с описанием основных характеристик и типоразмеров и программа выбора оптимального состава технологического оборудования, на которую получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ;

- выполнена апробация и внедрение в проектную и производственную деятельность методики определения оптимальных состава оборудования и параметров технологического режима установок, подтверждающие корректность разработанных методов, моделей и алгоритмов оптимизации и управления.

2. Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- разработаны экспериментально-аналитические модели, связывающие переменные каждой стадии процесса и отличающиеся тем, что для их построения и идентификации используются данные измерений переменных с действующих установок промышленной подготовки нефти и информация из отраслевых нормативных документов, а также метод и алгоритм оперативной параметрической идентификации моделей, основанные на построении нейронных сетей для определения параметров моделей по измеренным значениям входных и выходных переменных стадий. Это позволяет прогнозировать по моделям режимы работы установок на стадиях проектирования и эксплуатации, и повысить оперативность идентификации моделей;

- разработан алгоритм решения задачи оптимизации многостадийного технологического процесса подготовки нефти, основанный на принципе оптимальности Беллмана, с экономическими критериями оптимальности, отличающимся тем, что на этапе проектирования критерием является аддитивная функция приведенных затрат по стадиям, а на этапе эксплуатации – прибыль производства, что позволяет производить декомпозицию задач оптимизации как для проектирования объекта, так и для управления технологическим режимом действующей установки, и для расчета затрат в

обоих критериях использовать одни и те же функциональные зависимости;

– предложены методы определения и коррекции оптимальных значений управляющих переменных на стадиях процесса подготовки нефти, отличающиеся тем, что зависимости, связывающие найденные при решении задачи оптимизации значения управляющих переменных для стадий и их входных переменных, представляются в виде нейросетевых моделей, что позволяет повысить оперативность определения и реализации оптимальных значений управляющих переменных в зависимости от значений входных переменных стадий.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается сравнением и совпадением теоретических и практических результатов исследований, не противоречащих результатам, полученным другими авторами, и отраслевым нормативным документам.

4. Практическая значимость исследования заключается в следующем:

– в разработанной методике расчета и оптимизации технологических режимов работы автоматизированных установок подготовки нефти по критерию «приведенные затраты» при проектировании установок и по критерию «прибыль» при их эксплуатации;

– в учете в критериях оптимальности при проектировании и эксплуатации автоматизированных установок подготовки нефти меняющейся конъюнктуры рынка товарной нефти и ее группы качества, а также налогового режима в отрасли;

– в методике параллельного проектирования технологии и системы управления установкой, заключающейся в том, что алгоритмы оптимизации и управления технологическими режимами установок разрабатываются на этапе проектирования и передаются на эксплуатацию вместе с проектами строительства установок промышленной подготовки нефти;

– в разработанной и внедренной программе «Choice equipment» выбора оптимального состава технологического оборудования из номенклатурного ряда, представленного в виде баз данных, позволяющей «пользователям» производить выборки требуемого оборудования и экспресс-оценку его стоимости.

Предложенные методы, модели, алгоритмы оптимизации и идентификации, созданные с целью подбора оборудования и определения

технологического режима его работы, внедрены в ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг «ПермНИПИнефть» в г. Перми при проектировании объектов подготовки нефти и определении технологического режима работы оборудования действующей установки, что подтверждено актом внедрения.

Практические результаты диссертационного исследования также внедрены в образовательный процесс при подготовке магистров по направлению 15.04.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств» и реализованы в рамках профильных дисциплин «Математические модели и анализ процессов тепло- массопереноса и химических реакторов как объектов управления» и «Производственная практика, научно-исследовательский семинар». Разработанное программное обеспечение выбора состава технологического оборудования по заданным параметрам «Choice Equipment» используется в курсе «Базы и банки данных».

#### 5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

По теме диссертационной работы Караневской Т.Н. опубликовано 14 научных работ, четыре из них – в изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, одна – в издании, индексируемом в международной базе цитирования Web of Science, получено одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

*Опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК (по направлению):*

1. Караневская, Т.Н. Критерии и алгоритм оптимизации многостадийного технологического процесса промышленной подготовки нефти / **Т.Н. Караневская**, А.Г. Шумихин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2022. - №2. – С. 138-151. **(ВАК)**

*В статье на примере действующей установки промышленной подготовки нефти представлен алгоритм решения задачи определения оптимальных параметров работы оборудования по критерию максимальной прибыли. Алгоритм основан на принципе оптимальности Беллмана в сочетании с аналитическими моделями технологических процессов и применением искусственных нейронных сетей, аппроксимирующих зависимости выходных*

*оптимальных значений технологических параметров процессов от входных по стадиям промысловой подготовки нефти. (вклад соискателя 70 %)*

2. Караневская, Т.Н. Оценка при проектировании объектов промысловой подготовки нефти качества регулирования обводненности типовыми автоматическими системами / **Т.Н. Караневская, А.Г. Шумихин** // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. - № 2. – С. 28-32. **(ВАК)**

*В работе представлены результаты моделирования переходных процессов в системе регулирования обводненности с экспериментальной и аналитической передаточными функциями объекта промысловой подготовки нефти. Показана возможность конфигурирования системы управления подготовкой нефти аналитическим методом на базе принятых на этапе проектирования типовых средств автоматизации. (вклад соискателя 70%)*

3. Караневская, Т.Н. Оптимизация при проектировании и управлении технологическим процессом промысловой подготовки нефти / **Т.Н. Караневская, А.Г. Шумихин** // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2020. - №4. – С. 185-199. **(ВАК)**

*В статье предложена методология совместного (параллельного) проектирования и управления технологическим процессом промысловой подготовки нефти. Разработана модель для показателя качества обезвоживания в виде искусственной нейронной сети с целью прогнозирования обводненности товарной нефти и расчета режимных параметров технологического процесса. Для решения задачи оптимизации разработаны модели связи выходов целевых продуктов с режимными параметрами и суточной производительностью по стадиям технологического процесса подготовки нефти. (вклад соискателя 80%)*

4. Караневская, Т.Н. Оптимизация технологических режимов при управлении процессами промысловой подготовки нефти // **Т.Н. Караневская, А.Г. Шумихин** // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс] – 2019. - №4. – 12 с. Режим доступа: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2019/5917](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2019/5917). **(ВАК)**

*В работе представлена структурная модель автоматизированной системы оптимизации и оперативного управления технологическим режимом работы оборудования установки. Приведены результаты экспериментальной проверки разработанных моделей, метода и алгоритма оптимизации на*

*примере действующей установки предварительного сброса пластовой воды.  
(вклад соискателя 70%)*

*Научные статьи, опубликованные в журналах, входящих в МБЦ:*

5. T. N. Karanevskaya. Modeling of technological processes for algorithmization of problem of management of oil field treatment facilities / **T. N. Karanevskaya**, A. G. Shumikhin // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya [Electronic resource]. - 2020. - Vol. 63, Iss. 2- P. 84-90. - Mode of access: <https://www.scopus.com>. - Title from screen. - DOI 10.6060/ivkkt.20206302.6100. (**Web of Science**)

*В статье приведены экспериментально-аналитические модели и расчеты балансов технологических процессов, используемые для целей проектирования и синтеза алгоритмов оптимизации и управления процессами в установках промышленной подготовки нефти. Разработана экспериментально-статистическая модель обводненности, которая рекомендована оперативному персоналу для оценки качества подготовки нефти в условиях меняющихся входных технологических переменных конкретной установки.  
(вклад соискателя 70%)*

*Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, полученные по тематике диссертационной работы:*

6. Программа выбора состава технологического оборудования по заданным параметрам (Choice Equipment) // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021618882 / **Караневская Т.Н.** Дата регистрации 01.06.2021.

*Соискателем выполнена реализация алгоритма определения оптимального состава технологического оборудования установки в виде программного продукта, позволяющего «пользователям» производить выборки из баз данных требуемого оборудования и экспресс-оценку его стоимости. В программе реализован модульный метод к представлению аппаратурно-технологического оформления процессов подготовки нефти.*

*Публикации в других изданиях:*

7. Караневская, Т.Н. Математическая модель процесса обезвоживания нефти для решения задач идентификации и оптимизации / **Т.Н. Караневская**, А.Г. Шумихин // Химия. Экология. Урбанистика: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием). – Пермь, 2020 г. - Т. 4. – С. 312-317. (вклад

*соискателя 80%)*

8. **Караневская Т.Н.** Задача комплексной оптимизации технологических систем промышленного обустройства // Химия. Экология. Урбанистика: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Пермь, 2018. – Т.1. – С. 684-688.

9. **Караневская Т.Н.** Реализация программы выбора основного состава технологического оборудования по заданным параметрам // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: материалы Всерос. науч.-техн. конф. – Пермь, 2017. – С. 129-133.

10. **Караневская Т.Н.** Применение метода динамического программирования в задачах оптимизации параметров нефтепромысловых систем // Опыт, актуальные проблемы и перспективы развития нефтегазового комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Нижневартовск, 2017. – С. 258-263.

11. **Караневская Т.Н.** Реализация программы выбора основного состава технологического оборудования по заданным параметрам // Актуальные проблемы науки и техники - 2017: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа, 2017. – С. 225-227.

12. Караневская, Т.Н. Автоматизированный выбор технологических систем сбора и промышленной подготовки нефти на основе модульного подхода к их представлению / **Т.Н. Караневская, А.В. Попова** // Нефть. Газ. Новации. – 2016. - № 5 (186). – С. 20-23. *(вклад соискателя 90%)*

13. Караневская, Т.Н. Автоматизированный выбор технологических систем сбора и промышленной подготовки нефти на основе модульного подхода к их представлению / **Т.Н. Караневская, А.В. Попова** // Сбор, подготовка и транспортировка нефти и газа. Проектирование, строительство, эксплуатация 2016: сб. докл. 5-й Междунар. науч.-практ. конф. – Сочи, 2016 г. – С. 20-24. *(вклад соискателя 90%)*

14. Бормотова, Т.Н. (Караневская). Анализ и представление данных о модульных технологических системах сбора, подготовки и транспорта нефти / **Т.Н. Бормотова (Караневская), П.Ю. Сокольчик** // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. – 2015. – №3. – С. 7-20. *(вклад соискателя 80%)*



6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она  
рекомендуется к защите.

Представленная Караневской Татьяной Николаевной диссертационная работа является прикладным исследованием в области автоматизации и управления технологическими процессами промышленной подготовки нефти. В рамках работы предложены методы, модели, алгоритмы оптимизации и идентификации для определения состава оборудования и параметров технологического режима в задачах проектирования и эксплуатации автоматизированных установок промышленной подготовки нефти.

Область исследования соответствует пунктам **4, 8, 9** паспорта научной специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами: **п. 4** «Теоретические основы и методы моделирования, формализованного описания, оптимального проектирования и управления технологическими процессами и производствами», **п. 8** «Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления и их цифровых двойников», **п. 9** «Методы совместного проектирования организационно-технологических централизованных и распределенных комплексов и систем управления ими».

7. Соответствие диссертационной работы требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ».

Диссертационная работа Караневской Татьяны Николаевны отвечает требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. (с изм. от 11.09.2021 г.). Соискатель Караневская Т.Н. в тексте диссертационной работы корректно ссылается на авторов и (или) источники заимствования материалов, в том числе при использовании результатов научных работ, опубликованных соискателем лично или в соавторстве.

Диссертация *«Оптимизация и управление при проектировании и эксплуатации автоматизированных установок промышленной подготовки нефти на основе экономических критериев эффективности»* **Караневской Татьяны Николаевны** рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Заключение обсуждено и принято на заседании кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Присутствовало на заседании 18 чел., результаты голосования: «за» – 18 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет (Протокол №12 – от «20» апреля 2023 г.).

Заведующий кафедрой  
«Оборудование и автоматизация  
химических производств»,  
д-р техн. наук, доцент



/ Мошев Е.Р. /