

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт цветных металлов и материаловедения

Кафедра «Автоматизация производственных процессов в металлургии»

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой

Т. В. Донцова

подпись

инициалы, фамилия

«    »

2020 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Автоматизированная система контроля и управления процессом налива  
нефтепродуктов

Направление 27.04.04 Управление в технических системах

Магистерская программа 27.04.04.02 Автоматизация и управление  
техническими системами в металлургии

Научный  
руководитель

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Доцент, канд. техн. наук

должность, ученая степень

А.А. Дружинина

инициалы, фамилия

Выпускник

\_\_\_\_\_

подпись, дата

С.А. Александрова

инициалы, фамилия

Рецензент:

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Зав. каф. АПП СибГУ

им. М.Ф. Решетнёва,

доцент, канд. техн. наук

должность, ученая степень

П.М. Гофман

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Доцент, канд. техн. наук

должность, ученая степень

А.А. Дружинина

инициалы, фамилия

Красноярск 2020

## АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация по теме «Автоматизированная система контроля и управления процессом налива нефтепродуктов» содержит 79 страницы, 44 использованных источников, 50 рисунков, 4 таблицы.

Целью работы является повышение эффективности и достоверности процессов налива нефтепродуктов на причалах Усть-Кутского цеха за счет разработки и внедрения новой информационно-управляющей системы.

Задачи исследования:

- анализ существующих систем управления технологическим процессам налива нефтепродуктов;
- анализ процесса налива нефтепродуктов как объекта управления;
- разработка алгоритмов регулирования параметров процесса налива нефтепродуктов;
- разработка программного обеспечения верхнего уровня системы для контроля и управления наливом нефтепродуктов.

В ходе решения поставленных задач были получены следующие результаты:

- разработано программное обеспечение верхнего уровня АСУ ТП наливом нефтепродуктов;
- предложен и разработан алгоритм налива нефтепродуктов;
- создан удобный интерфейс для обмена информацией с автоматизированной информационной системой учета и контроля движения нефтепродуктов в топливопроводящей сети (АИС ТПС), а также визуализации текущих показаний технологического процесса и накопления исторической информации.

Внедрение автоматизированной системы контроля и управления процессом налива позволит повысить эффективность и достоверность процессов налива нефтепродуктов на причалах, а также отслеживать в режиме реального времени текущее состояние технологического оборудования и ход технологического процесса.

АСУ ТП, НЕФТЬ, НЕФТЕПРОДУКТЫ, СИСТЕМА НАЛИВА И СЛИВА, SCADA-СИСТЕМА, MODICON 580, ТРАНСПОРТИРОВКА НЕФТЕПРОДУКТОВ, УЧЕТ И РАСЧЕТ НЕФТЕПРОДУКТОВ.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Технология.....	6
1.1 Основные этапы нефтепереработки.....	7
1.1.1 Подготовка нефти к переработке .....	7
1.1.2 Первичная переработка нефти.....	9
1.1.3 Вторичная переработка нефти .....	10
1.1.4 Очистка нефтепродуктов.....	12
1.1.4.1 Очистка светлых нефтепродуктов.....	12
1.1.4.2 Очистка смазочных масел .....	13
1.2 Современные способы транспортирования нефти, нефтепродуктов и газа	14
1.2.1 Железнодорожный транспорт.....	14
1.2.2 Водный транспорт .....	17
1.2.3 Автомобильный транспорт .....	20
1.2.4 Трубопроводный транспорт.....	22
1.3 Обзор систем автоматического контроля и учета нефтепродуктов .....	23
1.4 Способы контроля расхода и качества нефтепродуктов в трубопроводе...	26
1.5 Выводы и постановка задачи .....	31
2 Автоматизация процесса налива нефтепродуктов .....	33
2.1 Процесс налива нефтепродуктов как объект управления.....	33
2.2 Структура АСУ ТП налива нефтепродуктов.....	34
2.3 Описание оборудования АСУ ТП налива нефтепродуктов.....	36
2.3.1 Оборудование первого уровня.....	37
2.3.2 Оборудование второго уровня.....	40
2.3.3 Оборудование третьего уровня.....	43
2.4 Схема автоматизации процесса налива нефтепродуктов .....	44
2.5 Выводы .....	46
3 Разработка верхнего уровня АСУТП налива нефтепродуктов .....	47
3.1 Алгоритмы управления процессом налива нефтепродуктов .....	47
3.1.1 Алгоритм ручного режима налива .....	50
3.1.2 Алгоритм автоматического режима налива .....	54
3.2 Разработка программного обеспечения верхнего уровня.....	57
3.3 Выводы .....	74
Заключение .....	75
Список использованных источников .....	76

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** В нефтяной промышленности каждая сфера играет одинаково важную роль, поскольку неполадки в любой из них неизбежно тормозят эффективность функционирования нефтяного комплекса и развитие экономики. С ростом добычи нефти увеличиваются и объёмы транспортировки нефтепродуктов. Одним из важнейших этапов в процессе транспортировки является учет и контроль.

Повышение эффективности нефтеналивных предприятий достигается не только за счет улучшения технико-экономических показателей используемого оборудования, рационального расположения объектов и сооружений на территории терминала, но и за счет внедрения новых технологий и автоматизированных систем управления технологическими процессами, что, в конечном счете, определяет высокую техническую и экономическую эффективность.

Вопросам учета нефтепродуктов, в том числе коммерческого, как совокупности технологических операций, связанных с организацией и управлением их движением и хранением, занимались Г.Н. Бобровников, Т.М. Алиев, П.А. Абдуллаев, И.Р. Байков, А.И. Булано, А.И. Владимирский, Ю.В. Ливанов.

Несмотря на большое количество публикаций и разработок в области автоматического управления технологическими процессами нефтеналивных предприятий, большинство из них касается автоматизации железнодорожных и автомобильных эстакад слива-налива нефтепродуктов. Однако не всегда имеется возможность завоза нефтепродуктов в отдаленные районы страны, не связанные железной дорогой с нефтеперерабатывающими предприятиями, поэтому в настоящее время речные и морские перевозки приобретают все большее значение в связи с их неоспоримыми преимуществами перед автомобильным и железнодорожным транспортом. В этой связи разработка систем автоматизации нефтеналивных терминалов водного транспорта является актуальной научно-технической задачей.

**Цель работы.** Целью работы является повышение эффективности и достоверности процессов налива нефтепродуктов на причалах Усть-Кутского цеха за счет разработки и внедрения новой информационно-управляющей системы.

### **Задачи исследования:**

- анализ существующих систем управления технологическим процессам налива нефтепродуктов;
- анализ процесса налива нефтепродуктов как объекта управления;
- разработка алгоритмов регулирования параметров процесса налива нефтепродуктов;
- разработка верхнего уровня системы для контроля и управления наливом нефтепродуктов.

**Научная новизна** работы состоит в следующем:

- разработано программное обеспечение верхнего уровня АСУ ТП наливом нефтепродуктов;
- предложен и разработан алгоритм налива нефтепродуктов;
- создан удобный интерфейс для обмена информацией с автоматизированной информационной системой учета и контроля движения нефтепродуктов в топливопроводящей сети (АИС ТПС), а также визуализации текущих показаний технологического процесса и накопления исторической информации.

**Практическая значимость.** Внедрение автоматизированной системы контроля и управления процессом налива позволит обеспечить централизованный контроль и дистанционное управление технологическими процессами налива нефтепродуктов, повысить эффективность работы оборудования, минимизировать влияние человеческого фактора.

**Апробация работы.** Основные результаты магистерской диссертации докладывались и обсуждались на:

- XV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективны Свободны – 2019» (г. Красноярск, 2019 г.);
- XVI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективны Свободны – 2020» (г. Красноярск, 2020 г.).

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы 2 работы.

[Изъято 3 главы]

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Коршак, А. А. Основы нефтегазового дела: учебник для вузов / А. А. Коршак, А. М. Шаммазов. – Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2002 – 544 с.
- 2 Тульская, С. Г. Прием и отпуск нефтепродуктов на нефтебазах при различных видах транспорта / С. Г. Тульская, А. А. Чуйкина, Е. С. Аралов // Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ. – 2017. – № 1. – С. 69–77.
- 3 Пат. 46734 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> В 63 В 25/12, В 63 В 25/14. Танкер судно для наливных грузов / М. В. Александров, С. И. Кучменок, Н. П. Селиванов; патентообладатели М. В. Александров, Н. П. Селиванов – № 2005107811/22; заявл. 22.03.2005; опубл. 27.07.2005. – 52 с.
- 4 Пат. 2037451 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> В 63 В 25/08, В 63 G 8/00. Способ транспортировки нефтепродуктов и устройств для его осуществления / А. Ф. Галь, К. К. Глухарев, Г. П. Нерубенко, Д. В. Цагарели, О. Н. Абрамов; заявители и патентообладатели Николаевское областное отделение Украинского республиканского фонда содействия изобретательской и рационализаторской деятельности, О. Н. Абрамов, А. Ф. Галь, К. К. Глухарев, Г. П. Нерубенко, Д. В. Цагарели – № 5028533/11; заявл. 14.10.1991; опубл. 19.06.1995. – 7 с.
- 5 Пат. 115772 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> В67D 7/00. Система приема, хранения и отпуска нефти и нефтепродуктов / В. Ф. Греков, А. В. Кузнецов, А. А. Овсиевский, А. А. Пьянков; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная инжиниринговая компания «Зирка» – № 2011137894/12; заявл. 14.09.2011; опубл. 10.05.2012. – 28 с.
- 6 Пат. 2686352 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> В67D 7/04. Система измерительная / Н. И. Кобылкин, С. Н. Никульников; патентообладатель Открытое Акционерное Общество «Промприбор» – № 2018109179; заявл. 14.03.2018; опубл. 25.04.2019. – 8 с.
- 7 Адаменко, И. Автоматизация железнодорожной эстакады слива-налива нефтепродуктов / И. Адаменко // Разработки. Нефтегазовая промышленность. СТА. – 2015. – № 2. – С. 70–74.
- 8 Годвич, А. И. АСУ ТП перевалочной базы нефтепродуктов ЗАО «БАЛТ НАФТА» / А. И. Годвич, Р. А. Фарафонов, В. И. Петров, В. А. Велижанин // Экспозиция нефть газ. Автоматизация. – 2010. – №5 – С. 56–58.
- 9 Кошкин, В. В. Разработка процесса управления наливом на отгрузочной станции с использованием ПЛК семейства Siemens / В. В. Кошкин, Л. Р. Хайрутдинов // Наука, техника и образование. – 2017. – №4 (34). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-protsessa-upravleniya-nalivom-na-otgruzochnoy-stantsii-s-ispolzovaniem-plk-semeystva-siemens> (дата обращения: 26.06.2020).
- 10 Астапов, В. Н. Цифровые технологии в управлении типовой АСУ налива светлых нефтепродуктов (АСУН) / В. Н. Астапов // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2018. – №6 – С. 5–10 .

11 Пат. 186379 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> В60S 5/02. Топливозаправочное устройство / А. В. Баранова; патентообладатель А. В. Баранова – № 2018133099; заявл. 18.09.2018; опубл. 17.01.2019. – 5 с.

12 Абдраимова, Н. О. Применение SCADA системы для управления нефтеналивным терминалом / Н. О. Абдраимова, Д. Б. Нуржанова, А. Б. Тлегенов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2010. – №6 – С. 31–35.

13 Пат. 2018662081 Российская Федерация. Программа для ЭВМ: ЭОН / Р. Р. Яматов, А. А. Кусов, Э. И. Максюттов, Д. Н. Шалагинов, В. А. Батурин, Т. Н. Фахрутдинов; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ИнфТех» – № 2018619219; заявл. 31.08.2018; опубл. 26.09.2018. – 1 с.

14 Пат. 2015617587 Российская Федерация. Программа для ЭВМ: Программный комплекс: Автоматизированная система оперативно-коммерческого учета товарно-транспортной деятельности (АС ОКУ) / Р. Р. Янборисов; патентообладатель Открытое акционерное общество «Акционерная компания по транспорту нефти «Транснефть», Акционерное общество «Транснефтепродукт-Самара» – № 2014662032; заявл. 27.11.2014; опубл. 20.08.2015. – 1 с.

15 Пат. 2016614470 Российская Федерация. Программа для ЭВМ: Автоматизированное рабочее место СДК-03 (АРМ СДК-03) / патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Камышинский опытный завод» – № 2016612020; заявл. 10.03.2016; опубл. 20.05.2016. – 1 с.

16 Пат. 2016618581 Российская Федерация. Программа для ЭВМ: Комплекс автоматизации отпуска нефтепродуктов в автоцистерны «ПОТОК» / патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Символ-Дизайн» – № 2016615816; заявл. 06.06.2016; опубл. 20.08.2016. – 1 с.

17 Решения ООО «СТЕЛЛА» в области сливо-налива нефтепродуктов и СУГ [Электронный ресурс]: Официальный сайт ООО «СТЕЛЛА». – Режим доступа: <http://www.ste.ru/resheniya/sliv-naliv-nefteproduktov.html>.

18 Система автоматики наливных эстакад, ж/д и морских терминалов [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании «ЭлеСи». – Режим доступа: <http://elesy.ru/engineering/solutions/transportirovka-nefti-i-nefteproduktov/sistema-avtomatiki-nalivnyh-jestakad,-zhd-i-morskih-terminalov.aspx#prettyPhoto>.

19 Роботизированный комплекс налива нефтепродуктов в авто- и ж/д цистерны [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании «НефтеМашЭкспорт». – Режим доступа: [http://www.nmexp.com/prod1\\_1\\_1.htm](http://www.nmexp.com/prod1_1_1.htm).

20 Лосев, А. И. Оптимизация транспортировки нефтепродуктов в условиях крайнего севера / А. И. Лосев // Вестник Российской академии естественных наук. – 2013. – №1 – С. 124–126.

21 Сапронов, В. Н. Монополистическое положение нефтеналивных терминалов на рынке нефтеперевалочных услуг и его влияние на систему



планирования их загрузки / В. Н. Сапронов // Вопросы новой экономики. – 2014. – №1 – С. 74–82.

22 Боран-Кешишьян, С. Л. Контрольно-управляющие функции центра морских технологических операций при работе с нефтеналивными танкерами на выносных причальных устройствах с учетом технических средств в концепции е-навигации / С. Л. Боран-Кешишьян, П. В. Мельников, В. В. Попов // Транспортный бизнес в России. – 2017. – №5 – С. 122–130.

23 Меша, К. И. Автоматизация режима отпуска нефтепродуктов типовой нефтебазы / К. И. Меша, А. А. Болдырев, В. А. Пархоменко // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2008. – №1 – С. 145–147.

24 Пат. 2222785 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> G 01 F 9/00. Способ определения часового расхода топлива в дизельном двигателе / В. И. Черноиванов, А. Э. Северный, А. В. Колчин, Б. Ш. Каргиев, Д. В. Доронин, Т. И. Забалуев; патентообладатель Государственное научное учреждение, Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка – № 2002128798/28; заявл. 29.10.2002; опубл. 27.01.2004. – 8 с.

25 Расходомеры переменного перепада давления [Электронный ресурс]: Теплообменные аппараты и приборы в промышленности. – Режим доступа: <http://teploobmennye-apparaty.ru/pribory-kontrolya-raskhoda-teplonositelei-temperaturey-teploty/raskhodomery-peremennogo-perepada-davleniya/>.

26 Аохань, Фу. Современные методы и средства измерения расхода нефти и нефтепродуктов / Фу Аохань, А. Б. Степанов // Неразрушающий контроль: сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». – 2016 – №1 – С. 388–392.

27 Автоматизация технологических процессов добычи и подготовки нефти и газа: учебное пособие для вузов / Е. Б. Андреев, А. И. Ключников, А. В. Кротов, В. Е. Попадько, И. Я. Шарова. – Москва: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. – 399 с.

28 Пат. 2279641 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> G01F 1/86, G01N 9/06. Способы измерения весового расхода газожидкостной смеси и устройство для его осуществления / А. М. Касимов, А. И. Попов, А. В. Ахметзянов, Н. И. Кобылкин; патентообладатель А. М. Касимов, А. И. Попов, А. В. Ахметзянов, Н. И. Кобылкин – № 2004115097/28; заявл. 20.05.2004; опубл. : 10.07.2006. – 7 с.

29 Пат. 2367912 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> G01F 1/66. Устройство для определения объемного расхода контролируемой среды в трубопроводе / Ю. И. Романов, Д. Ю. Свильпов, С. В. Малецкий, О. В. Чагина; патентообладатель Закрытое Акционерное Общество «Когерент» – № 2008118645/28; заявл. 12.05.2008; опубл. : 20.09.2009. – 5 с.

30 Пат. 2707124 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> G01F 1/66. Способ измерения массового расхода нефтепродуктов в трубопроводе / Н. Н. Семенов, М. Н. Чемоданов; патентообладатель Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский

государственный морской технический университет» (СПбГМТУ) – № 2019106937; заявл. 11.03.2019; опубл. : 22.11.2019. – 11 с.

31 Пат. 115772 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В67D 7/00. Система приема, хранения и отпуска нефти и нефтепродуктов / Г. Ф. Греков, А. В. Кузнецов, А. А. Овсиевский, А. А. Пьянков; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная инжиниринговая компания «Зирка» – № 2011137894/12; заявл. 14.09.2011; опубл. : 10.05.2012. – 28 с.

32 Квилис, С. С. Плотномеры / С. С. Квилис. – Москва: Энергия, 1980. – 276 с.

33 Латышенко, К. П. Технические измерения и приборы: учебник для СПО / К. П. Латышенко. – Москва: Издательство Юрайт, 2019 – 259 с.

34 Кориолисовый расходомер Promass 83E [Электронный ресурс]: Официальный сайт Пром Комплект Инжиниринг – Измерительные приборы ведущих производителей. – Режим доступа: <http://www.pkimrex.ru/opisanie/raskhodomer-promass-83e>.

35 Cerabar M PMC41/45, PMP41/45/46/48. Техническая информация Endress+Hauser – 76 с.

36 Манометр, вакууметр, мановакууметр технический показывающий [Электронный ресурс]: ЗАО Промприбор. – Режим доступа: <http://ppb6.ru/katalog/pribori2/manometry/manometry/teh4/>.

37 Подробное описание протокола Modbus RTU [Электронный ресурс]: Официальный сайт «Промышленные компьютеры для вас» (IPC2U). – Режим доступа: <https://ipc2u.ru/>.

38 arOPC DA/HAD сервер [Электронный ресурс]: Официальный сайт ardSoft. – Режим доступа: <https://www.ardsoft.ru/>.

39 Каталог платформа автоматизации Modicon 580 [Электронный ресурс]: Официальный сайт Schneider Electric. – Режим доступа: <https://www.se.com/ru/ru/>.

40 Программирование промышленных контроллеров в среде Unity PRO: учебное пособие / А. В. Суворов, В. В. Медведков, Г. В. Саблина, В. Г. Шахтштейндер. – Новосибирск: Издательство НГТУ, 2008.–207 с.

41 Citect SCADA [Электронный ресурс]: Официальный сайт Citect SCADA. – Режим доступа: <http://www.scada.ru/software/citectscada/>.

42 Citect SCADA Help [Электронный ресурс]: Электронный справочник CitectSCADA. – Режим доступа: [https://gcsresource.aveva.com/Citect/WebHelp/citect2018R2/Content/Home\\_Overview\\_2018R2\\_Online\\_Search.htm](https://gcsresource.aveva.com/Citect/WebHelp/citect2018R2/Content/Home_Overview_2018R2_Online_Search.htm).

43 Андреев, Е. Е. SCADA-системы: взгляд изнутри / Е. Е. Андреев, Н. А. Куцевич, О. В. Синенко. – Москва: Издательство «РТСофт», 2004. – 176 с.

44 Документация по SQL [Электронный ресурс]: Официальный сайт Microsoft. – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/sql/?view=sql-server-ver15>.

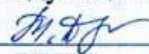
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт цветных металлов и материаловедения

Кафедра «Автоматизация производственных процессов в металлургии»

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой

 Т. В. Донцова  
подпись инициалы, фамилия  
« 8 » июля 2020 г.


**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Автоматизированная система контроля и управления процессом налива  
нефтепродуктов

Направление 27.04.04 Управление в технических системах

Магистерская программа 27.04.04.02 Автоматизация и управление  
техническими системами в металлургии

Научный  
руководитель

 29.06.2020  
подпись, дата

Доцент, канд. техн. наук  
должность, ученая степень

А.А. Дружинина  
инициалы, фамилия

Выпускник

 29.06.2020  
подпись, дата

С.А. Александрова  
инициалы, фамилия

Рецензент:

  
подпись, дата

Зав. каф. АПП СибГУ  
им. М.Ф. Решетнёва,  
доцент, канд. техн. наук  
должность, ученая степень

П.М. Гофман  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 29.06.2020  
подпись, дата

Доцент, канд. техн. наук  
должность, ученая степень

А.А. Дружинина  
инициалы, фамилия

Красноярск 2020