

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра дискретной математики и информационных технологий

**РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ  
РАСЧЕТА СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ДЕФЕКТОВ  
ТРУБОПРОВОДОВ ПО РАЗЛИЧНЫМ МЕТОДИКАМ ПОД ОС  
ANDROID**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 421 группы  
направления 09.03.01 — Информатика и вычислительная техника  
факультета КНиИТ  
Ульяновой Анастасии Алексеевны

Научный руководитель

ассистент

\_\_\_\_\_

А.А. Трунов

Заведующий кафедрой

доцент, к. ф.-м. н.

\_\_\_\_\_

Л.Б. Тяпаев

Саратов 2021

## ВВЕДЕНИЕ

Информационные технологии всё больше проникают во все отрасли и нефтегазовая промышленность не является исключением.

В современных условиях газ, нефть, а также продукты их переработки обеспечивают множество технологических процессов. Поэтому важным вопросом является не только их добыча, но и транспортировка до потребителей. Один из наиболее распространённых способов транспортировки этих ресурсов в нужное место — посредством трубопровода.

Трубопровод — искусственное сооружение, предназначенное для транспортировки газообразных и жидких веществ, а также твёрдого топлива и иных твёрдых веществ в виде раствора под воздействием разницы давлений в поперечных сечениях трубы.

В процессе эксплуатации трубопроводов сталкиваются со следующими дефектами:

- Коррозия металла труб.
- Смещение трубопровода от проектного положения.
- Изменение формы сечения трубы (вмятины, гофры, эллипсность).
- Появление трещин на стенках трубопровода.

Такие дефекты могут привести к авариям с серьёзными последствиями. Поэтому важно их вовремя обнаружить и устранить.

Одним из средств контроля состояния трубопровода являются специальные внутритрубные диагностические устройства, которые запускаются внутрь трубопровода. При помощи специальных приспособлений и давления такое устройство перемещается по участку трубопровода от камеры запуска до камеры приёма. Устройство оснащено специальными датчиками для обнаружения аномалий стенки трубы и измерения геометрических параметров трубопровода. Также устройство оснащено системой позиционирования, которая позволяет получить координаты трубопровода и всех обнаруженных дефектов, а также составить координатный план текущего положения трубопровода.

В результате обработки данных, полученных диагностическим устройством, специалистами по обработке информации с помощью специализированного ПО формируется технический отчёт о состоянии трубопровода, который предоставляется заказчику.

Для разработки и эксплуатации таких устройств требуется специалисты разных отраслей и хорошо оснащённое производство. Одним из таких производств является АО «Газприборавтоматикасервис», в котором осуществляется полный технологический цикл от разработки и сборки диагностических устройств до предоставления владельцам трубопроводов электронного носителя с результатами диагностики.

После проведения внутритрубного диагностического (ВТД) обследования, проводят дополнительный диагностический контроль (ДДК) наиболее опасных дефектов в шурфах.

Для того чтобы провести быструю оценку дефекта, например, при ремонте участка или при подтверждении дефектов, используют графический метод, заключающийся в следующем: для каждого типа трубы, в соответствии с её параметрами (толщина стенки, пределы прочности и текучести материала стенки трубы, зависящие от марки стали), рабочее давление, категория участка, строят графики допустимых размеров дефектов.

Таким образом, поставленной целью выпускной квалификационной работы является разработка программного обеспечения (ПО) для проведения расчётов по определению степени опасности дефектов труб в полевых условиях по различным нормативным документам.

Актуальность поставленной цели обусловлена необходимостью обеспечить возможность в полевых условиях быстро и качественно оценить степень опасности обнаруженных дефектов для принятия решения о дальнейшей эксплуатации и ремонте.

В данном программном обеспечении заинтересованы специалисты лабораторий неразрушающего контроля, линейно-производственных участков и инженерно-технических центров ПАО Газпром. А также организации производящие диагностические обследования (в Саратове АО «Газприборавтоматикасервис» и ДО АО «Оргэнергогаз» ОАО «Газпром»).

Существующее программное обеспечение для просмотра результатов обследования магистральных трубопроводов, предоставляемое исполнителями ВТД, представляет собой приложение для персональных компьютеров (ПК), обладающее широким функционалом для анализа предоставленных данных. В том числе предоставляет возможность пересчёта оценок степени опасности обнаруженных дефектов по различным методикам.

Все эти программы предназначены для офисного использования. При проведении полевых ремонтно-восстановительных работ было бы удобнее воспользоваться приложением доступным в портативном мобильном устройстве, например, планшете или смартфоне для оценки степени опасности обнаруженных дефектов и принятия решения об условиях эксплуатации и ремонте. Современные смартфоны представляют собой мини-компьютеры с достаточно мощными вычислительными возможностями и смогут с лёгкостью справиться с такой задачей.

Для достижения вышеописанной цели необходимо решить следующие задачи:

- Изучить нормативные документы по расчёту и оценке степени опасности дефектов труб.
- Классифицировать дефекты труб.
- Разработать алгоритмы вычислений.
- Проанализировать и выбрать среду разработки для мобильного приложения.
- Рассмотреть этапы разработки мобильных приложений.
- Рассмотреть структуру мобильных приложений.
- Разработать мобильное приложение для оценки степени опасности дефектов трубопроводов.

Бакалаврская работа состоит из обозначений и сокращений, введения, 3 разделов, заключения, списка использованных источников и 7 приложений. Общий объём работы — 118 страниц, из них 57 страниц — основное содержание, включая 24 рисунка и 5 таблиц, список использованных источников информации — 30 наименований.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Первая глава** «Методические основы дефектоскопии трубопроводов» посвящена разбору нормативной базы дефектоскопии труб, а также обзору существующего программного обеспечения для оценки степени опасности дефектов.

Были введены понятия аномалии, дефекта, произведена классификация дефектов, обнаруживаемых при проведении внутритрубной диагностики.

Различают следующие типы дефектов магистральных трубопроводов обнаруживаемые средствами внутритрубной диагностики [1,2]:

- Дефекты потери металла (коррозия, механические повреждения).
- Трещиноподобные дефекты (растрескивание под напряжением, продольные, поперечные трещины, расслоение и т.д.).
- Дефекты геометрии (вмятина, гофра, эллипсность).
- Дефекты сварных швов.
- Технологические и заводские дефекты (дефекты проката металла, металлургические дефекты и т.д.).

Все дефекты, независимо от природы происхождения характеризуются геометрическими размерами: длина, ширина и глубина и расположением относительно стенки трубы (внутреннее, внешнее, внутрстенное).

В ПАО «Газпром» используются следующие нормативные документы для расчёта и оценки степени опасности дефектов согласно единому справочнику классификаторов ИСТС «Инфотех» для формирования отчётов о внутритрубном техническом диагностировании в формате XML [3]:

- API 579-1/ASME FFS-1. 2016 Edition, June 2016. Fitness-For-Service. (API 579 Трещины, Уровень2) [4].
- ASME B31G-2012 (REAFFIRMED 2017). Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines: Supplement to B31 Code for Pressure Piping. (ASME B31G, ASME mB31G, RStreng) [5].
- BSI BS 7910. 2005. Guide to methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures. (BS 7910) [6].
- DNVGL-RP-F101. Corroded pipelines. — 1 September 2019. (DNV-RP-F101) [7].
- Инструкция по оценке дефектов труб и соединительных деталей при

ремонте и диагностировании магистральных газопроводов. — Москва: ООО «Газпром газнадзор», 2013. (Инструкция...) [8].

- СТО Газпром 2-2.3-112-2007. Методические указания по оценке работоспособности участков магистральных газопроводов с коррозионными дефектами. — Москва: ОАО «Газпром», 2007. (СТО Газпром 2-2.3-112) [9].
- СТО Газпром 2-2.3-173-2007. Инструкция по комплексному обследованию и диагностике магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением (с изменением №1 от 01.02.2019 г.). — Москва: ОАО «Газпром», 2007. (СТО Газпром 2-2.3-173) [10].
- Рекомендации по оценке прочности и устойчивости эксплуатируемых МГ и трубопроводов КС. — Москва: ООО «ВНИИГАЗ», 2006 г. (Рекомендации...) [11].
- ASME B31.8. 2018 Edition, November 20, 2018. Gas Transmission and Distribution Piping Systems. ASME Code for Pressure Piping, B31. (ASME B31.8) [12].

Также в этом разделе был произведён обзор существующего программного обеспечения, который осуществлялся на общедоступных ресурсах:

- ▶ Федеральный институт промышленной собственности.
- ▶ Сайты компаний, оказывающие услуги ВТД.
- ▶ Google Play Market.

Результаты поиска зарегистрированного программного обеспечения по общедоступной базе данных Федерального института промышленной собственности [13]:

- ООО «Газпром Трансгаз Ухта» Программный комплекс для определения технического состояния МГ по результатам ВТД.
- ООО «Газпром Трансгаз Екатеринбург» Программный модуль расчёта допустимого давления для коррозионного дефекта.
- ООО «Газпром Трансгаз Екатеринбург» Программный модуль расчёта показателей надёжности для дефектов магистральных газопроводов.
- ООО «Газпром Трансгаз Самара» Оценка работоспособности участка трубопровода с дефектами КРН.
- ООО «Газпром Трансгаз Самара» Расчёт допускаемого внутреннего

давления для трубопровода, поврежденного стресс-коррозией.

- ООО «Газпром Трансгаз Казань» Выбор метода ремонта газопровода. Проведя анализ полученных результатов, делаем следующие выводы:
  - Разработчики — непосредственно эксплуатирующие организации;
  - Все эти приложения предназначены для работы на компьютерах типа IBM PC.

Также каждый исполнитель работ по диагностическому обследованию трубопроводов предоставляет заказчику (эксплуатирующей организации) своё фирменное программное обеспечение для работы с результатами обследований. Далее рассмотрим результаты поиска по сайтам организаций, проводящих ВТД:

- АО «Газприборавтоматикасервис» — «WinRep» [14].
- ООО «НПЦ «ВТД» — «EReport» [15].
- «Газпром Трансгаз Казань» — «Расчет давления» [16].

Таким образом, практически все приложения предназначены для использования на ПК, что сильно ограничивает возможность их применения вне офиса. Единственное найденное ПО под мобильное устройство «Расчет давления» работает только по одной методике, что вновь подтверждает актуальность разработки нашего приложения.

Проведя анализ вышеперечисленных приложений, можно увидеть, что у них схожий простой лаконичный дизайн, где нет ничего лишнего. Эти компании работают не первый год, соответственно знают потребности пользователей, поэтому в разработке своего приложения будем ориентироваться на подобный дизайн.

Ориентируясь на вышеизложенное выберем методики для реализации в приложении:

- ASME B31G, ASME mB31G, RStreng
- DNV-RP-F101
- Инструкция...
- СТО Газпром 2-2.3-112
- Рекомендации...
- ASME B31.8

Методики по оценке трещиноподобных дефектов не были выбраны, потому что такие дефекты являются условно допустимыми и требуют устране-

ния [17].

Методика BS7910:2005, была обновлена в 2019 году, в результате чего из неё был исключён расчёт дефектов потери металла и оставлена рекомендация к использованию других действующих методов.

Проанализировав выбранные методики, составим алгоритм вычислений в общем виде.

Для дефектов потери металла первоначально находим давление разрушения  $P_f$  трубы с одиночным коррозионным дефектом по формуле 1:

$$P_f = \delta \frac{1 - \alpha \frac{d}{t}}{1 - \alpha \frac{d}{tM}} \quad (1)$$

Где:

$\delta$  — напряжение течения, МПа;

$\alpha$  — геометрический коэффициент;

$M$  — число Фолиаса;

$d$  — глубина дефекта;

$t$  — толщина стенки трубы.

Допустимое давление  $P_{sw}$  (безопасное давление) для трубы с дефектом потери металла рассчитывается по формуле 2.

$$P_{sw} = K^{-1} P_f \quad (2)$$

Где  $K$  — коэффициент запаса.

Коэффициент безопасного давления (КБД) дефекта вычисляется по формуле 3.

$$\text{КБД} = \frac{P_{маор}}{P_{sw}} \quad (3)$$

Где  $P_{маор}$  — максимальное рабочее давление в трубопроводе.

Все составляющие параметры формул рассчитываются индивидуально в соответствии с нормативным документом.

Для дефектов геометрии производится расчёт различных видов деформаций, возникающих в стенках трубы в соответствии с нормативным документом.

**Вторая глава** «Выбор мобильной платформы и среды разработки»



включает в себя анализ существующих операционных систем для мобильных устройств с последующим обоснованием и выбором операционной системы, среды разработки и языка программирования.

Статистика использования мобильных ОС показывает, что в настоящее время активно используется ОС Android и iOS. Согласно Statcounter.com, рейтинг операционных систем среди мобильных телефонов, показывает, что лидером является Android, который установлен на 70,43% приборах, а мобильная операционная система iOS — 29,06% [18].

Подведя итог, основываясь на лидирующей позиции мобильных устройств, а также ОС Android, сделаем вывод, что разработка приложения под ОС Android для смартфона наиболее актуальна и перспективна.

Android Studio (основанная на программном обеспечении IntelliJ IDEA), является официальной средой разработки от компании Google для ОС Android и предоставляет наибольшие удобства для разработчиков сразу после установки [19]. Такие как:

- Расширенный редактор макетов: WYSIWYG, способность работать с UI компонентами при помощи Drag-and-Drop, функция предпросмотра макета на нескольких конфигурациях экрана.
- Шаблоны основных макетов и компонентов Android.
- Статический анализатор кода (Lint), позволяющий находить проблемы производительности, несовместимости версий и другое.
- Сборка приложений, основанная на Gradle.
- Различные видыборок и генерация нескольких .apk файлов.
- Встроенный ProGuard и утилита для подписывания приложений.
- Встроенный эмулятор мобильных устройств.

Что значительно упрощает процесс разработки, отладки и окончательной сборки \*.apk файла для публикации. Также Android Studio поддерживает язык Kotlin - официальный языка программирования для платформы Android (в дополнение к Java и C++), с 2019 года стал приоритетным в разработке под Android. Язык полностью совместим с Java, что позволяет Java-разработчикам постепенно перейти к его использованию; в частности, язык также встраивается Android, что позволяет для существующего Android-приложения внедрять новые функции на Kotlin без переписывания приложения целиком.

Таким образом остановим свой выбор на IDE Android Studio и языке Java, что заложит потенциал к расширению возможностей в будущем.

**Третья глава** «Разработка приложения» посвящена программной реализации приложения, в ходе которой были рассмотрены следующие моменты: этапы разработки приложений, структура Android приложений и непосредственно реализация приложения.

Процесс разработки приложения состоит из следующих этапов: подготовительный этап, программная реализация, заключительный этап.

Подготовительный этап включает в себя постановку задачи, анализ требований, проектирование дизайна. Подготовительный этап является наиболее важным, так как на нём происходит формирование основных требований к разрабатываемым ПО, на основе которых создаётся каркас приложения.

Следующий немаловажный этап при разработке приложения — «Программная реализация», также разделяется на подзадачи:

- Реализация интерфейсов пользователя.
- Реализация логики работы приложения.
- Реализация вычислительных алгоритмов.

Заключительный этап включает в себя тестирование приложения, опытную эксплуатацию и внедрение приложения.

В ходе выполнения этой главы, был разработан и реализован интерфейс пользователя состоящий из главного экрана, экранов расчёта степени опасности различных типов дефектов, экраны настроек и меню.

Далее была реализована логика работы приложения, обеспечивающая взаимодействие между экранами и действиями пользователя. Затем были реализованы алгоритмы вычислений для расчёта степени опасности выбранных типов дефектов по заданным нормативным документам, рассмотренных в главе 1.

Завершающим этапом разработки было проведено тестирование приложения, сначала в эмуляторе Android Studio, потом на реальном устройстве. Для проверки расчётов были использованы примеры, приведённые в нормативных документах.

Разработанное приложение поддерживает два языка пользователя — русский и английский, также стиль оформления в зависимости настроек системы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы было разработано приложение для операционной системы Android по расчёту степени опасности дефектов труб по выбранным методикам. Поставленная цель была достигнута путём решения всех задач, сформулированных в «Введении».

В процессе решения поставленных задач были пройдены все этапы проектирования программного обеспечения, от описания предметной области до эксплуатации. Созданное приложение отвечает требованиям заданной функциональности.

В ходе выполнения работы были получены теоретические знания в области дефектоскопии магистральных трубопроводов. А также расширены и применены на практике знания по разработке приложений для операционной системы Android. При создании ПО на языке Java была применена IDE Android Studio, являющаяся официальной средой разработки для ОС Android от компании Google, что закладывает потенциал к расширению возможностей с переходом на язык Kotlin в дальнейшем. Приложение разработано таким образом, что позволит расширить свои возможности при необходимости.

Разработанное ПО прошло опытную эксплуатацию в АО «Газприборавтоматикасервис», при дополнительном дефектоскопическом контроле в шурфах по данным предварительного отчёта после проведения внутритрубного технического диагностирования участка Лупинг газопровода-отвода Саратов — Вольск 104 — 119 км, Дн 720. Что удостоверено актом об успешном проведении опытной эксплуатации от 01.06.2021г. По результатам проведения опытной эксплуатации данное программное обеспечение было внедрено в АО «Газприборавтоматикасервис», что подтверждено актом внедрения от 10.06.2021г.

### **Основные источники информации:**

- 1 ГОСТ 5272-68. Коррозия металлов. Термины. Введен 01.01.1969 г. Переиздание с изменениями №1 от 01.07.1971, №2 от 01.09.1982, поправкой от 01.05.1990 (ИУС 5-1990). — Москва: Издательство стандартов, 1999.
- 2 Specification and requirements for intelligent pig inspection of pipelines. Version 2016. Pipeline Operator Forum.

- 3 Единый справочник классификаторов ИСТС «Инфотех» для формирования отчетов о внутритрубной дефектоскопии в формате XML. — Москва: ОАО «Газпром», 2010.
- 4 API 579-1/ASME FFS-1. 2016 Edition, June 2016. Fitness-For-Service.
- 5 ASME B31G-2012 (REAFFIRMED 2017). Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines: Supplement to B31 Code for Pressure Piping.
- 6 BSI BS 7910. 2019 Edition, December 31, 2019. Guide to methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures.
- 7 DNVGL-RP-F101. Corroded pipelines. — 1 September 2019.
- 8 Инструкция по оценке дефектов труб и соединительных деталей при ремонте и диагностировании магистральных газопроводов. — Москва: ООО «Газпром газнадзор», 2013.
- 9 СТО Газпром 2-2.3-112-2007. Методические указания по оценке работоспособности участков магистральных газопроводов с коррозионными дефектами. — Москва: ОАО «Газпром», 2007.
- 10 СТО Газпром 2-2.3-173-2007. Инструкция по комплексному обследованию и диагностике магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением (с изменением №1 от 01.02.2019 г.). — Москва: ОАО «Газпром», 2007.
- 11 Рекомендации по оценке прочности и устойчивости эксплуатируемых МГ и трубопроводов КС. — Москва: ООО «ВНИИГАЗ», 2006 г.
- 12 ASME B31.8. 2018 Edition, November 20, 2018. Gas Transmission and Distribution Piping Systems. ASME Code for Pressure Piping, B31.
- 13 Федеральный институт промышленной собственности [Электронный ресурс] Поисквая система URL: <https://www.fips.ru/> (дата обращения — 15.01.2021) Загл. с экрана. Яз. рус.
- 14 АО «Газприборавтоматикасервис» [Электронный ресурс] Сайт компании URL: <http://www.gpas.ru/> (дата обращения — 29.01.2021) Загл. с экрана. Яз. рус.
- 15 ООО «НПЦ «ВТД» [Электронный ресурс] Сайт компании URL: <https://www.npcvtd.ru/#slide3> (дата обращения — 05.02.2021) Загл. с экрана. Яз. рус.
- 16 Google Play Market [Электронный ресурс] Расчет давления URL:

[https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai\\_rustamgtk.PipePressure&hl=ru&gl=US](https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_rustamgtk.PipePressure&hl=ru&gl=US) (дата обращения — 09.02.2021) Загл. с экрана. Яз. рус.

17 СТО Газпром 2-2.3-760-2013. «Инструкция по идентификации коррозионного растрескивания под напряжением металла труб как причины отказов магистральных газопроводов». — Москва: ОАО «Газпром», 2015.

18 StatCounter [Электронный ресурс] GlobalStats URL: <https://gs.statcounter.com/> (дата обращения — 03.03.2021) Загл. с экрана. Яз. Англ.

19 Android [Электронный ресурс] Android Studio URL: <https://developer.android.com/studio> (дата обращения — 10.03.2021) Загл. с экрана. Яз. Англ.