

В. Д. АФАНАСЬЕВА

А. В. БЕНИН, канд.техн.наук, доц.

В. Н. КОНШИНА, канд.техн.наук, доц.

С. В. НИКОЛАЕВ, канд.техн.наук, доц.

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (Санкт-Петербург, Россия)

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЫБОРА РЕЖИМОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ ШВОВ В ОТРАСЛЯХ ТРАНСПОРТА И НЕФТЕГАЗОПРОВОДА

Аннотация. Представлена специализированная компьютерная программа, которая предназначена для определения параметров проведения ультразвукового неразрушающего контроля сварных соединений. Областью применения данной программы являются объекты железнодорожной инфраструктуры, а также системы транспортировки нефти и газа. Разработка выполнена с использованием языка программирования Python и графической библиотеки FreeSimpleGUI. Основными задачами программы являются автоматизация процесса подбора необходимой нормативно-технической документации, выполнение расчетов, связанных с чувствительностью контроля, в том числе определение коэффициента выявляемости дефектов и эквивалентной площади дефектов, а также визуализация схем контроля и сканирования. Отличительными особенностями программы считаются простота ее интерфейса, небольшой размер дистрибутива, составляющий 20 мегабайт, и наличие встроенной системы контроля правильности вводимых данных. Применение данной разработки позволяет сократить временные затраты специалиста по дефектоскопии и снизить вероятность ошибок при выборе параметров контроля.

Ключевые слова: ультразвуковой контроль, сварные соединения, компьютерная программа, Python, дефектоскопия, чувствительность контроля, нормативная документация.

Процесс использования нормативной документации при организации ультразвукового контроля сварных соединений в ряде случаев предполагает необходимость составления технологической документации, где фиксируются конкретные числовые значения параметров контроля и сканирования, например, как это указано в работе [1]. Кроме того, даже если разработка технологических инструкций не является обязательной, применение нормативных документов в печатном или отсканированном виде создает определенные неудобства для дефектоскописта. Это выражается в увеличении времени, затрачиваемого на поиск необходимых сведений, соответствующих текущим условиям проведения контроля. Также следует учитывать, что при необходимости выполнения сложных расчетов, например, таких как вычисление эквивалентной чувствительности или таких характеристик дефектов, как коэффициент выявляемости (K_d) и эквивалентная площадь (S_{Σ}) [1], существует достаточно высокая вероятность появления ошибок в получаемых результатах. Для того чтобы облегчить работу дефектоскописта и повысить точность расчетов, целесообразно перевести информацию из

нормативных документов в формат программного кода, то есть создать специализированную компьютерную программу.

Перед началом разработки такой программы необходимо детально изучить содержание нормативных документов, которые будут составлять ее основу. Из всего объема информации следует выделить только те данные, которые имеют отношение к контролю сварных соединений в конкретных областях, а именно в железнодорожной отрасли и в системах нефте- и газотранспорта [2 – 7]. Программа была реализована на языке Python (рисунок 1) с применением библиотеки FreeSimpleGUI, которая является копией библиотеки PySimpleGUI и позволяет обеспечивать свободное распространение программы без ограничений, связанных с лицензионными условиями [8].

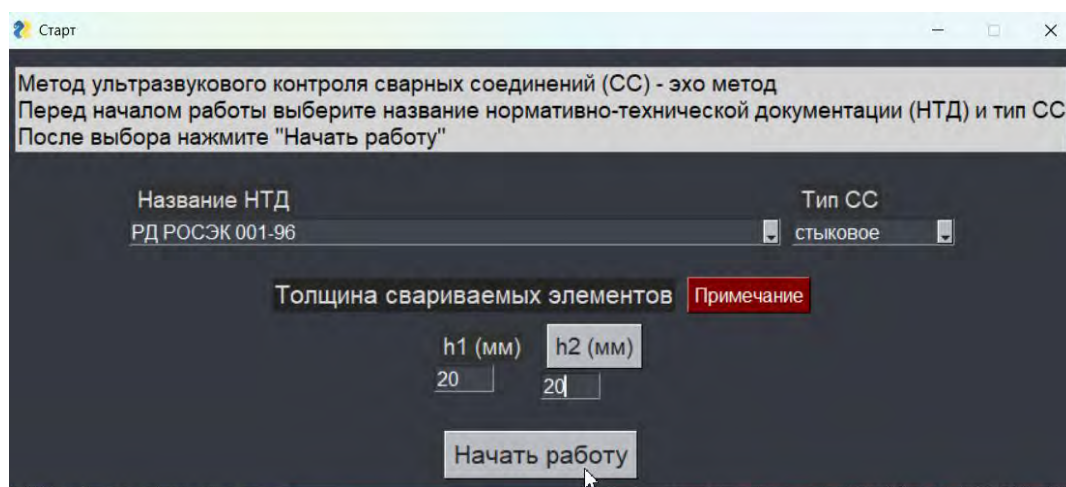


Рис. 1. Стартовое окно компьютерной программы

После запуска программы пользователю предлагается выбрать нормативный документ, согласно которому подбираются: тип сварного соединения, например, стыковое, угловое, нахлесточное или тавровое, а также указать толщину соединяемых элементов. Кнопка с названием «Примечание» служит для вызова справочного окна, в котором может содержаться расшифровка аббревиатур или дополнительная информация (см. рис. 1).

Программа имеет в своем составе шесть активных вкладок, которые позволяют изменять соответствующие параметры (рис. 2). В первой вкладке, которая называется «Параметры УЗ волны», позволяет ввести необходимые значения скоростей (продольной или поперечной волны) ультразвука в материале объекта контроля, а также известную скорость в материале призмы или (и) протектора пьезоэлектрического преобразователя. Для удобства пользователя предусмотрена кнопка «Справочник значений скоростей УЗ волны», нажатие на которую открывает дополнительное окно со справочными данными по скоростям ультразвука в различных материалах, преимущественно в различных марках стали.

Следующая вкладка программы предназначена для задания параметров сварного соединения и схемы контроля. В ней пользователь указывает данные, соответствующие ранее выбранному типу соединения. Нажатие кнопки

«Определение размера ОЗ» вызывает окно с информацией о размере околошовной зоны или с сообщением об отсутствии этих данных в нормативной документации. Кнопка «Схема контроля» предназначена для отображения схемы контроля, которая соответствует выбранным параметрам соединения (рис. 3).

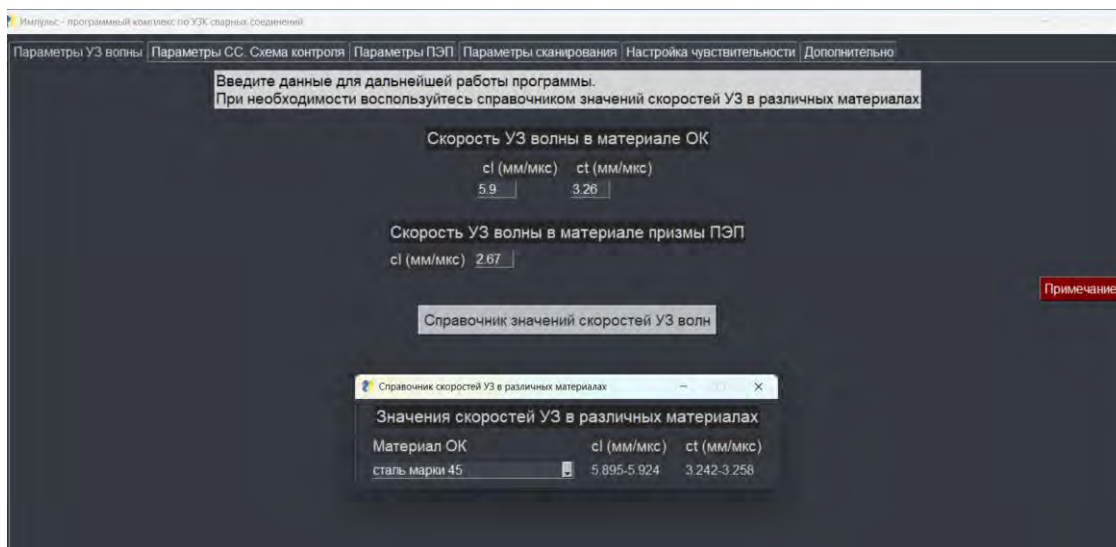


Рис. 2. Главное окно компьютерной программы. Вкладка «Параметры УЗ волны»

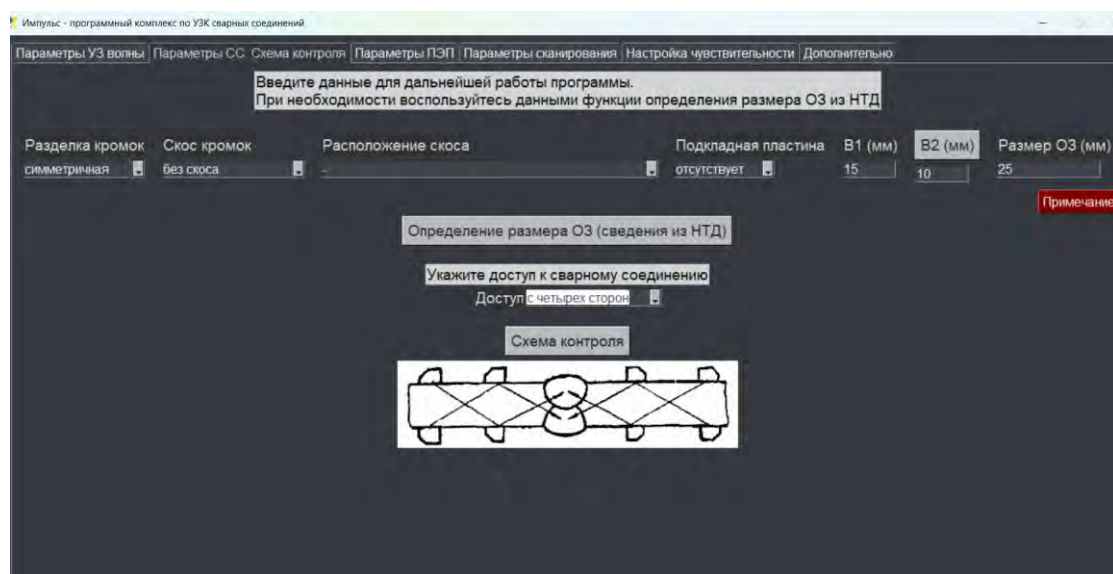


Рис. 3. Главное окно компьютерной программы. Вкладка «Параметры СС. Схема контроля»

Вкладка «Параметры ПЭП» содержит две основные части. В верхней части после нажатия кнопки «Отобразить» выводятся тип пьезоэлектрического преобразователя и тип луча, взятые из нормативного документа. В нижней части происходит вывод параметров преобразователя. Кнопка «Выбор параметров наклонных ПЭП» позволяет открыть дополнительное окно с параметрами, которые позволяют проводить контроль в зоне термического влияния на основной металл. Кнопка «Условия прозвучиваемости» позволяет

проверить выполнение соответствующего условия для стыковых швов [9]. Кнопка «Пересчет прямоугольной пьезопластины в круглую» дает возможность ввести размеры прямоугольной пластины и произвести пересчет [10]. В случае разных толщин элементов переключатель устанавливается сначала для одного элемента, а затем для второго. Ввод параметров ПЭП является необходимым действием для дальнейшей работы компьютерной программы (рис. 4).

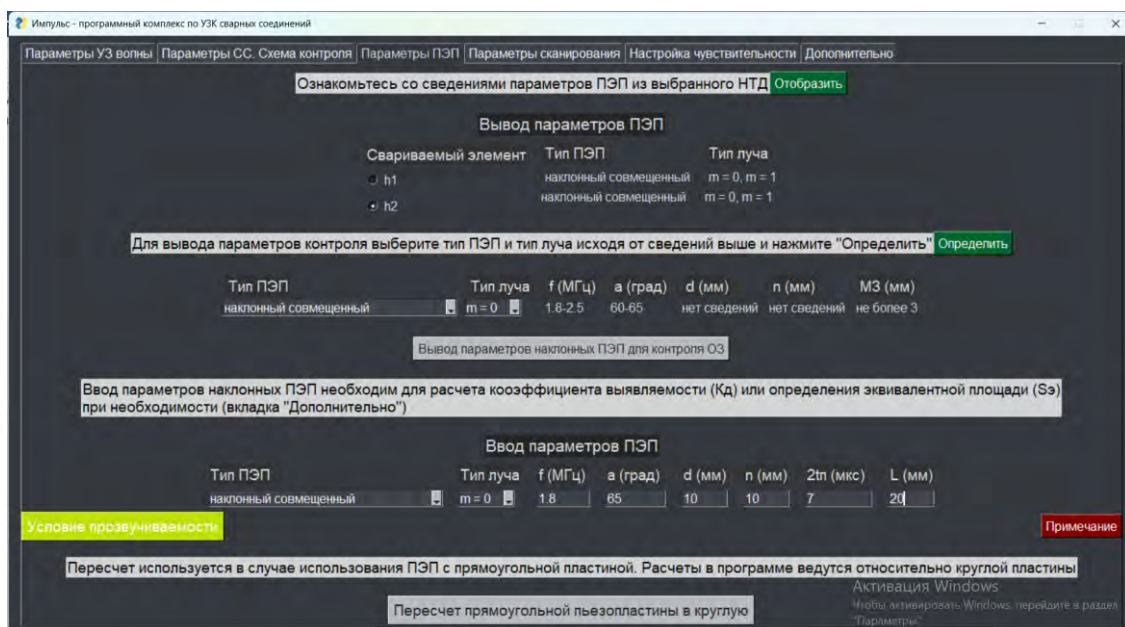


Рис. 4 – Главное окно компьютерной программы. Вкладка «Параметры ПЭП»

Вкладка «Параметры сканирования», в данном режиме, компьютерная программа позволяет провести расчет границ зон перемещения преобразователя, а также визуализировать вывод информации о типе сканирования и величине шага. Кнопка «Схема границ зон перемещения ПЭП» отображает соответствующую зону сканирования. Кнопки «Поперечно-продольное перемещение ПЭП» вызывают дополнительные окна для расчета шага сканирования с учетом параметров преобразователя и превышения поискового уровня над браковочным [9]. Кнопка «Схема сканирования» выводит на экран схему сканирования (рис. 5).

Вкладка «Настройка чувствительности» позволяет при воспроизведении кнопкой «Отобразить» перейти в способ настройки, тип отражателя и его размеры вид чувствительности, и дополнительные сведения. Кнопка «ВРЧ» открывает окно для настройки временной регулировки чувствительности и отображения схемы. Кнопкой «Критерии браковки» переходим в режим для ввода параметров с целью определения критериев браковки по выбранному документу. Кнопка «Схема настройки» визуализирует схему настройки (рис. 6).

Вкладка «Дополнительно» предоставляет возможность выполнить расчет коэффициента Кд и эквивалентной площади Sэ. Кнопка «Корректность расчета» проверяет соблюдение условия трех ближних зон, согласно которому расчеты справедливы только для дальней зоны [9]. Кнопка «Пересчет углового

отражателя» открывает окно для ввода параметров отражателя и пересчета по ГОСТ Р 55724 [11] (рис. 7).

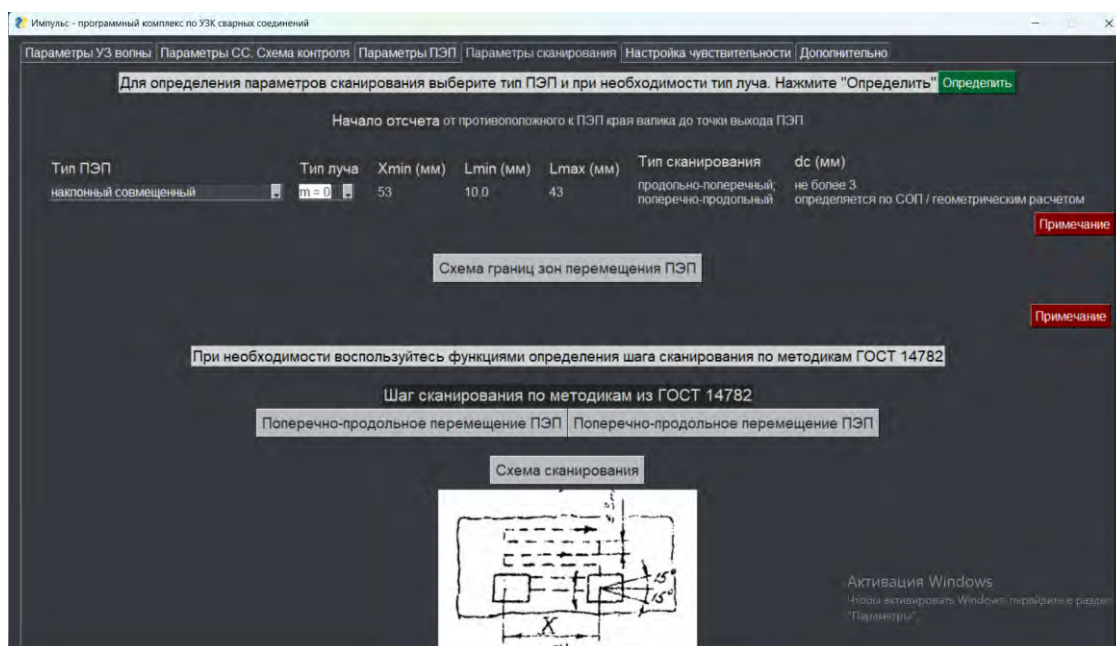


Рис. 5. Главное окно компьютерной программы. Вкладка «Параметры сканирования»

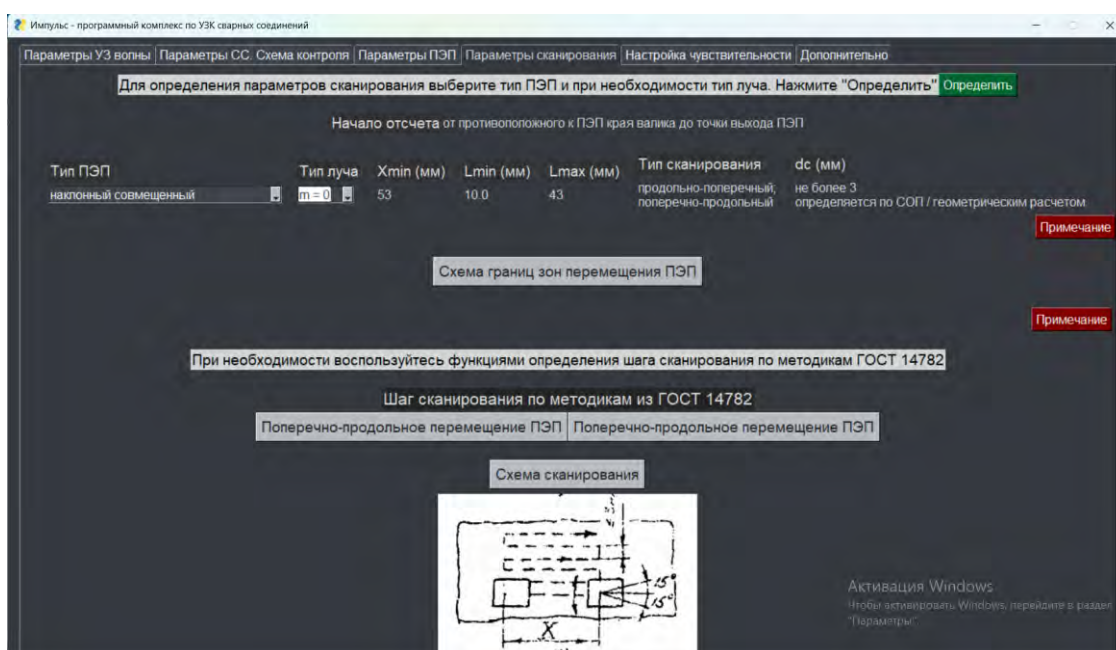


Рис. 6. Главное окно компьютерной программы. Вкладка «Параметры сканирования»

В случае если пользователь пропускает ввод какого-либо параметра, программа выводит сообщение об ошибке с рекомендациями по исправлению ситуации. Быстродействие программы обеспечивается простотой интерфейса. Объем программы менее 20 МБ, что способствует ее легкой установке на компьютер.

На программу получено свидетельство о регистрации [12]. Дальнейшее применение программы позволит количественно оценить сокращение времени подготовки к контролю.

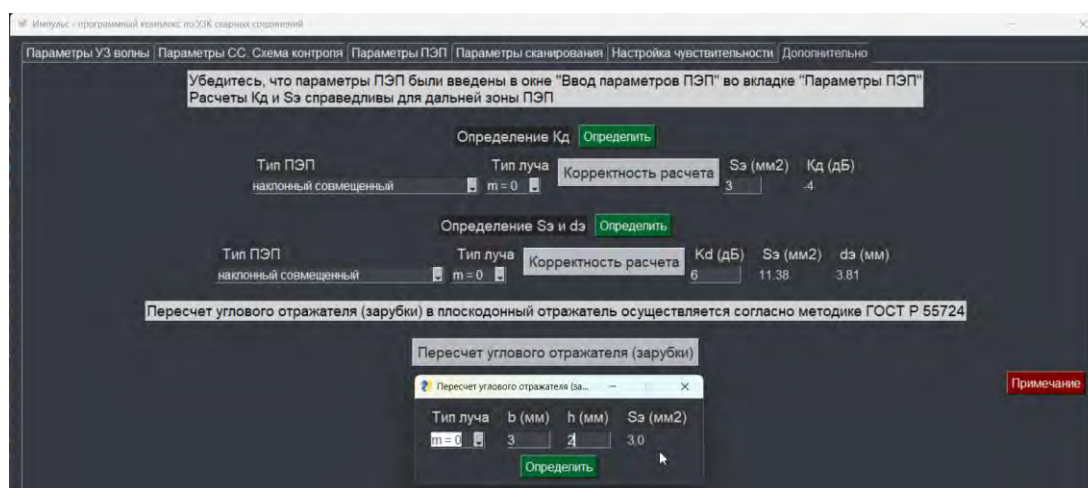


Рис. 7. Главное окно компьютерной программы. Вкладка «Дополнительно»

Список литературы

1. Особенности применения требований ГОСТ ISO 11666 "УЗК. Уровни приемки" в практике контроля сварных соединений. Коншина В.Н., Николаев В.С., Цомук С.Р. Дефектоскопия. 2025. № 9. - С. 26-31.
2. ГОСТ 34991-2023. Соединения сварные в стальных конструкциях подвижного состава. Методы ультразвукового контроля.
3. РД РОСЭК 001-96. Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. Контроль ультразвуковой. Основные положения [Текст]. – М. : Машиностроение, 1998.
4. СТО Газпром 15-2.3-005-2023. Сварка и неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковой контроль качества сварных соединений [Текст]. – СПб. : ПАО «Газпром», ООО «НИИ природных газов газовой технологии – ВНИИГАЗ», 2023.
5. СТО Газпром 15-1.3-004-2023. Сварка и неразрушающий контроль сварных соединений. Неразрушающие методы контроля качества сварных соединений промышленных и магистральных трубопроводов [Текст]. – СПб.: ПАО «Газпром», ООО «НИИ природных газов газовой технологии – ВНИИГАЗ», 2023.
6. ОСТ 36-75-83. Контроль неразрушающий. Сварные соединения трубопроводов. Ультразвуковой метод [Текст]. – М. : ВНИИмонтажспецстрой, 1984.
7. РД 19.100.00-КТН-545-06 Ультразвуковой контроль стенки сварных соединений при эксплуатации и ремонте вертикальных стальных резервуаров. –М.: ОАО «АК «Транснефть», 2006.
8. Python: что это за язык программирования и где применяется [Электронный ресурс] // Skillfactory Media. М., 2024. URL: <https://blog.skillfactory.ru/glossary/python/>.
9. Справочные диаграммы направленности искателей ультразвуковых дефектоскопов Гурвич А.К., Кузьмина Л.И. Киев, Техника 1980. 103 с.
10. Алешин, Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2013. — 576 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=63211.
11. ГОСТ Р 55724-2013. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые [Текст]. – М. : Стандартиформ, 2019.
112. Определение параметров ультразвукового контроля сварных соединений в транспортных системах Николаев С.В., Афанасьева В.Д., Коншина В.Н., Воробьев А.А. Свидетельство о регистрации RU 2026663560, 07.05.2026.

Контакты:

nikol_ndt@mail.ru (Николаев Сергей Викторович)