

**Общество с ограниченной ответственностью «КСК-СИСТЕМС»
ОГРН 1117847079261 ИНН 7841441038**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «КСК-СИСТЕМС»
Кифоренко К. Н.

«06» августа 2026 г.

**ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ВИБРО-ЛАЗЕР ЦЕНТРОВКА**

**Санкт-Петербург
2026**

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
1.1. Наименование программного обеспечения	3
1.2. Назначение программного обеспечения	3
1.3. Область применения	3
1.4. Назначение и границы настоящего документа	4
1.5. Термины и сокращения	5
2. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ	7
2.1. Общая характеристика Программы	7
2.2. Реализуемый рабочий процесс	7
2.3. Целевая аудитория	8
2.4. Состав Программы	9
3. ОПИСАНИЕ ФУНКЦИЙ ПРОГРАММЫ	12
3.1. Модуль пользовательского интерфейса и навигации	12
3.2. Модуль трёхмерной визуализации	12
3.3. Модуль связи с измерительным оборудованием	13
3.4. Платформенный слой Bluetooth Low Energy	14
3.5. Модуль настройки оборудования и рабочей сессии	14
3.6. Модуль предварительных проверок	15
3.7. Модуль измерительного процесса и методы измерения	15
3.8. Алгоритмическое ядро обработки измерений и расчёта результата	16
3.9. Режим живой центровки и контрольное измерение	17
3.10. Модуль локального хранения и восстановления работы	18
3.11. Модуль формирования отчёта	18
3.12. Модуль лицензирования и демонстрационный режим	19
4. ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЕ СЦЕНАРИИ	20
4.1. Выполнение новой центровки	20
4.2. Живая корректировка и контрольное измерение	21
4.3. Измерение биения валов	22
4.4. Формирование отчёта	23
5. ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ	24
6. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ И ОГРАНИЧЕНИЯ	26

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Наименование программного обеспечения

Полное наименование программного обеспечения — программное обеспечение ВИБРО-ЛАЗЕР ЦЕНТРОВКА.

Правообладателем программного обеспечения является Общество с ограниченной ответственностью «КСК-СИСТЕМС» (ОГРН 1117847079261, ИНН 7841441038).

Далее по тексту настоящего документа программное обеспечение ВИБРО-ЛАЗЕР ЦЕНТРОВКА именуется «Программа».

1.2. Назначение программного обеспечения

Программа представляет собой локальное прикладное программное обеспечение, предназначенное для проведения лазерной центровки валов промышленного оборудования.

Программа сопровождает пользователя на всех этапах работы: от настройки конфигурации машин и подключения измерительных блоков до расчёта несоосности, выполнения корректировки положения оборудования и формирования отчёта о выполненной работе.

Основной измерительный цикл выполняется локально на устройстве пользователя. Для ввода геометрических размеров, получения измерений, расчёта результатов, работы в режиме живой центровки и просмотра ранее сохранённой рабочей сессии обязательный удалённый сервер не требуется.

1.3. Область применения

Программа применяется при выполнении работ по центровке валов агрегатов, соединённых муфтой, в том числе при монтаже, ремонте и техническом обслуживании промышленного оборудования.

Программа обеспечивает решение следующих задач:

- ведение пользователя по последовательности экранов центровки;

- отображение машин, валов, измерительных блоков и опор в интерактивном трёхмерном представлении;
- установление BLE-соединения с измерительными блоками М и S;
- последовательный обмен командами и измерительными данными с измерительными блоками;
- сбор и проверка измерений в соответствии с выбранным методом измерения;
- локальный расчёт несоосности, оценки качества результата и требуемых перемещений опор;
- отображение текущих поправок в режиме живой центровки;
- сохранение параметров и результатов текущей работы на устройстве пользователя;
- подготовка, просмотр и экспорт отчёта через локальное HTML-представление.

1.4. Назначение и границы настоящего документа

Настоящий документ содержит описание функциональных характеристик Программы: состав программных модулей, перечень реализованных функций и результат их применения в рабочем процессе, типовые пользовательские сценарии, состав входных и выходных данных, а также условия применения и ограничения.

Документ предназначен для включения в комплект материалов, представляемых для внесения сведений о Программе в единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных.

Документ описывает основной экземпляр Программы, предназначенный для центровки валов.

Состав функций, доступных пользователю в конкретной установке, определяется условиями лицензии, моделью применяемых измерительных блоков и версией их встроенного программного обеспечения и может являться подмножеством функций, описанных в настоящем документе.

Сведения о внутреннем устройстве программных модулей, применяемых расчётных формулах, низкоуровневых командах обмена с измерительными блоками, а также лицензионные ключи и иные защищаемые сведения в состав настоящего документа не включены.

Изложение построено в следующем порядке: общее описание Программы и её состав (раздел 2), описание реализованных функций по программным модулям (раздел 3), типовые пользовательские сценарии (раздел 4), состав входных и выходных данных (раздел 5), условия применения и ограничения (раздел 6).

1.5. Термины и сокращения

В настоящем документе применяются термины и сокращения, приведённые в таблице 1.

Таблица 1. Термины и сокращения

Термин, сокращение	Определение
Программа	Программное обеспечение ВИБРО-ЛАЗЕР ЦЕНТРОВКА
Измерительный блок	Аппаратное устройство, устанавливаемое на вал и передающее в Программу измерительные данные по каналу Bluetooth Low Energy
Блок М (VLM)	Измерительный блок, устанавливаемый на подвижной машине
Блок S (VLS)	Измерительный блок, устанавливаемый на стационарной машине
Рабочая сессия	Совокупность конфигурации машин, настроек, измерений и результатов текущей работы по центровке
Метод измерения	Способ получения набора исходных измерений, определяющий последовательность действий пользователя и состав собираемых данных
Живая центровка	Режим работы, в котором поправки пересчитываются и отображаются непрерывно в ходе механической корректировки положения машины
Контрольное измерение	Измерение, выполняемое после механической корректировки для подтверждения достигнутого результата
Несоосность	Отклонение взаимного положения осей валов, характеризуемое параллельным смещением и угловым отклонением
Поправка	Расчётное значение требуемого перемещения регулируемой опоры машины

Термин, сокращение	Определение
Мягкая лапа	Состояние опоры, при котором затяжка крепления вызывает изменение положения машины
Биение	Отклонение поверхности вала или полумуфты при повороте, измеряемое до выполнения центровки
Тепловой рост	Изменение положения машины при переходе от холодного состояния к рабочему тепловому состоянию
Допуск	Предельно допустимое значение параметров несоосности, применяемое для оценки достигнутого результата
Прошивка	Встроенное программное обеспечение измерительного блока, определяющее набор поддерживаемых им операций
Демонстрационный режим	Режим работы Программы без подключения физических измерительных блоков
BLE	Bluetooth Low Energy — технология беспроводной передачи данных с низким энергопотреблением
JSON	JavaScript Object Notation — текстовый формат представления структурированных данных
HTML	HyperText Markup Language — язык разметки, применяемый для формирования представления отчёта
PDF	Portable Document Format — переносимый формат итогового отчёта
WebView	Компонент операционной системы, обеспечивающий отображение HTML-содержимого внутри приложения
QR-код	Двумерный штриховой код, применяемый для ввода лицензионных данных
ОС	Операционная система

2. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Общая характеристика Программы

Программа реализована на технологической платформе Unity с использованием языка программирования C#. Основной режим работы — локальное прикладное приложение, устанавливаемое на устройство пользователя, с подключением измерительного оборудования по протоколу Bluetooth Low Energy.

Программа функционирует под управлением операционных систем Android и Windows. На всех поддерживаемых платформах применяется единый измерительный процесс и единое алгоритмическое ядро; платформенно-зависимой является только реализация нижнего уровня подсистемы связи.

Обобщённые сведения о Программе приведены в таблице 2.

Таблица 2. Общие сведения о Программе

Реквизит	Значение
Наименование	Программное обеспечение ВИБРО-ЛАЗЕР ЦЕНТРОВКА
Правообладатель	ООО «КСК-СИСТЕМС» (ОГРН 1117847079261, ИНН 7841441038)
Назначение	Подготовка, выполнение и документирование лазерной центровки валов
Технологическая платформа	Unity, язык программирования C#
Поддерживаемые операционные системы	Android, Windows
Тип решения	Локальное прикладное программное обеспечение
Обмен с измерительным оборудованием	Bluetooth Low Energy
Форматы выходных документов	Локальное HTML-представление, экспорт в PDF

2.2. Реализуемый рабочий процесс

Программа обеспечивает последовательное прохождение рабочего процесса от подключения измерительных блоков до контрольного измерения и формирования отчёта. В состав рабочего процесса входят следующие этапы:

- выбор применяемого измерительного оборудования и установление связи с ним;
- настройка конфигурации машин, муфты, измерительных блоков и опор;
- ввод геометрических размеров установки и параметров эксплуатации;
- выполнение предварительных проверок состояния оборудования;
- регистрация измерений выбранным методом;
- расчёт несоосности, оценка соответствия допуску и определение требуемых перемещений опор;
- сопровождение механической корректировки положения машины в режиме живой центровки;
- выполнение контрольного измерения и подтверждение достигнутого результата;
- формирование и экспорт отчёта о выполненной работе.

Программа применяется как самостоятельный инструмент специалиста при выполнении монтажных, ремонтных и регламентных работ и не требует развёртывания серверной инфраструктуры.

2.3. Целевая аудитория

Программа ориентирована на специалистов, выполняющих монтаж, техническое обслуживание и контроль центровки вращающегося оборудования, в том числе:

- специалистов служб технического обслуживания и ремонта промышленных предприятий;
- специалистов монтажных и пусконаладочных организаций;

- специалистов по диагностике и вибрационному контролю оборудования;
- сервисных инженеров, выполняющих центровку в составе выездных работ.

Программа рассчитана на пользователей, прошедших подготовку по работе с системами лазерной центровки и владеющих требованиями промышленной безопасности при работе с вращающимся оборудованием. Специальных знаний в области программирования или администрирования информационных систем для работы с Программой не требуется.

2.4. Состав Программы

Основной экземпляр Программы включает следующие связанные компоненты:

- пользовательский интерфейс и навигацию по этапам работы;
- интерактивную трёхмерную визуализацию машин, валов, муфты, измерительных блоков и опор;
- модель рабочей сессии, объединяющую настройки, размеры, измерения и результаты;
- модуль измерительного процесса и локальное алгоритмическое ядро;
- модуль обмена командами и данными с измерительным оборудованием;
- платформенный слой Bluetooth Low Energy для операционных систем Android и Windows;
- локальное файловое хранилище;
- модуль формирования и просмотра отчёта в локальном HTML-представлении с экспортом в формат PDF;
- модуль лицензирования и демонстрационный режим.

Основные компоненты Программы и связи между ними приведены на рисунке 1.

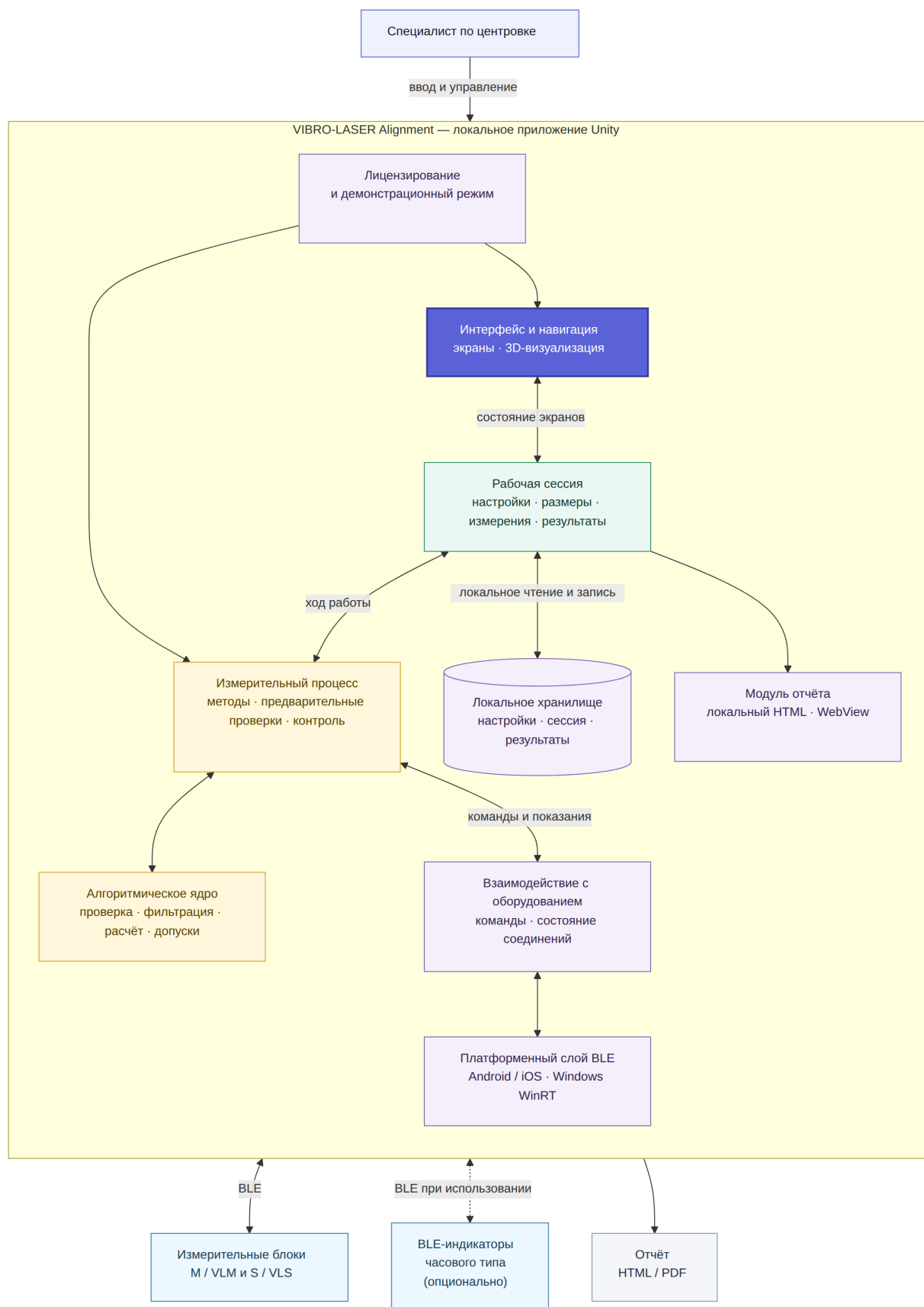


Рисунок 1. Состав Программы и связи между компонентами

Взаимодействие компонентов организовано следующим образом. Специалист по центровке работает с модулем интерфейса и навигации,

который принимает ввод пользователя и управляющие команды. Модуль интерфейса обменивается состоянием экранов с моделью рабочей сессии, выступающей единым хранилищем текущих данных работы: настроек, размеров, измерений и результатов.

Модель рабочей сессии передаёт данные о ходе работы модулю измерительного процесса и получает от него зарегистрированные измерения. Модуль измерительного процесса обращается к алгоритмическому ядру, выполняющему проверку, фильтрацию, расчёт и оценку соответствия допускам, а также обменивается командами и показаниями с модулем взаимодействия с оборудованием.

Модуль взаимодействия с оборудованием использует платформенный слой BLE, который обеспечивает связь с измерительными блоками M (VLM) и S (VLS), а при использовании соответствующей функции — с BLE-индикаторами часового типа. Данные рабочей сессии сохраняются в локальном хранилище и считываются из него при возобновлении работы. Модуль отчёта формирует локальное HTML-представление на основании данных рабочей сессии с последующим экспортом в PDF. Модуль лицензирования и демонстрационного режима определяет доступность функций интерфейса и измерительного процесса.

Программа не использует удалённый сервер для обработки измерений и расчёта центровки. Сетевое подключение может применяться для необязательной загрузки руководства по эксплуатации.

3. ОПИСАНИЕ ФУНКЦИЙ ПРОГРАММЫ

В настоящем разделе приведено описание функций Программы в разрезе программных модулей, входящих в её состав. Для каждого модуля указано его назначение, реализуемые функции и результат их применения в рабочем процессе.

3.1. Модуль пользовательского интерфейса и навигации

Модуль предназначен для организации работы пользователя в виде последовательности экранов, соответствующих этапам измерительного цикла.

Реализованная последовательность экранов включает выбор оборудования, настройку машин, ввод размеров, предварительные проверки, измерение, просмотр результатов, живую центровку, контрольное измерение и формирование отчёта. Такая организация обеспечивает выполнение работ в технологически корректном порядке и снижает вероятность пропуска обязательного этапа.

Состояние текущей работы передаётся между экранами через общую модель рабочей сессии. Сведения, введённые пользователем или полученные от оборудования на одном этапе, доступны на последующих этапах без повторного ввода, что исключает рассогласование данных между экранами.

Модуль обеспечивает переход между этапами работы, отображение текущего состояния подключённого оборудования и представление результатов расчёта в форме, соответствующей выбранной пользователем системе единиц измерения (метрической или дюймовой).

3.2. Модуль трёхмерной визуализации

Модуль обеспечивает интерактивное трёхмерное представление конфигурации оборудования и применяется на экранах настройки и результатов.

Визуализация отображает взаимное расположение машин, валов, муфты, измерительных блоков и опор в соответствии с параметрами,

заданными пользователем. Введённые геометрические данные представляются в виде интерактивной схемы оборудования, что позволяет визуально контролировать корректность заданной конфигурации до начала измерения.

На экранах результатов трёхмерное представление дополняется отображением направлений требуемой корректировки положения машины. Это обеспечивает однозначное понимание пользователем того, какая опора и в каком направлении подлежит перемещению.

3.3. Модуль связи с измерительным оборудованием

Модуль обеспечивает обмен командами и данными между Программой и измерительными блоками по протоколу Bluetooth Low Energy.

Модуль реализует следующие функции:

- поиск и выбор измерительных блоков M (VLM) и S (VLS);
- установление и завершение BLE-соединения;
- передача команд измерительным блокам и получение ответов;
- последовательное выполнение команд для каждого подключённого блока;
- контроль состояния соединения, уровня заряда и качества связи;
- повторное подключение после разрыва связи;
- учёт возможностей оборудования, зависящих от модели измерительного блока и версии его прошивки.

Последовательное выполнение команд для каждого подключённого блока обеспечивает предсказуемый порядок обмена и корректное сопоставление полученных ответов с отправленными командами.

Учёт возможностей оборудования обеспечивает корректное поведение Программы при работе с блоками различных модификаций: набор доступных операций и предельные значения параметров определяются фактически поддерживаемыми возможностями подключённого блока, включая поддерживаемую им дистанцию измерения.

Контроль состояния соединения, уровня заряда и качества связи выполняется на протяжении всей работы и отображается пользователю, что позволяет своевременно выявить ухудшение условий измерения. При разрыве связи предусмотрено повторное подключение без потери ранее сохранённых данных рабочей сессии.

3.4. Платформенный слой Bluetooth Low Energy

Модуль обеспечивает независимость прикладной логики связи от особенностей конкретной операционной системы.

На поддерживаемых платформах используется единый прикладной интерфейс связи. Его платформенная реализация обращается к BLE API операционной системы Android либо к подсистеме Windows BLE через компонент WinRT.

Такое разделение позволяет использовать единый измерительный процесс и единое алгоритмическое ядро на всех поддерживаемых платформах, обеспечивая сопоставимость результатов, полученных на различных устройствах, и единообразие пользовательского сценария работы.

3.5. Модуль настройки оборудования и рабочей сессии

Модуль предназначен для задания параметров установки, определяющих порядок выполнения измерения, расчёта и оценки результата.

Пользователь может задать:

- метрические или дюймовые единицы измерения;
- взаимное расположение машин и измерительных блоков;
- расстояния между измерительными блоками, муфтой и опорами;
- тип муфты, включая конфигурацию с проставочным валом;
- частоту вращения и диаметр муфты;
- регулируемую сторону и заблокированные опоры;
- тепловой рост;
- системные, пользовательские или ГОСТ-допуски;

- параметры фильтрации и непрерывного измерения;
- реквизиты, используемые при формировании отчёта.

Введённые данные проходят проверку и отображаются в виде интерактивной схемы оборудования. Заданные параметры сохраняются в модели рабочей сессии и используются алгоритмическим ядром при расчёте результата и определении соответствия допускам.

Указание регулируемой стороны и заблокированных опор определяет, для каких опор рассчитываются требуемые перемещения. Задание теплового роста позволяет учесть изменение положения машины при переходе к рабочему тепловому состоянию. Выбор системы допусков — системных, пользовательских или установленных ГОСТ — определяет критерий, по которому оценивается достигнутый результат.

3.6. Модуль предварительных проверок

Модуль предназначен для выполнения проверок состояния оборудования, предшествующих основному измерению. Выполнение таких проверок позволяет выявить факторы, при которых результат центровки не может быть достигнут или сохранён.

Программа поддерживает проверку «мягкой лапы» с сохранением результата по каждой опоре. Результаты проверки сохраняются в рабочей сессии и могут быть включены в отчёт.

Также предусмотрено измерение биения в шести угловых положениях. Значения могут вводиться пользователем вручную либо поступать от совместимых BLE-индикаторов часового типа. Для каждого углового положения Программа сохраняет полученный результат и данные, необходимые для его отображения в отчёте.

Результаты предварительных проверок хранятся в составе рабочей сессии наравне с измерениями и результатами расчёта и остаются доступными при возобновлении работы после перезапуска Программы.

3.7. Модуль измерительного процесса и методы измерения

Модуль обеспечивает регистрацию измерений в соответствии с выбранным методом. Наличие нескольких методов позволяет выполнить измерение в различных условиях доступа к валам и при различных возможностях их поворота.

В Программе реализованы методы измерения, приведённые в таблице 3.

Таблица 3. Реализованные методы измерения

Метод	Краткое описание
Часовой метод	Регистрация измерений в положениях 9, 12 и 3 часа
SmartAngle	Измерение при ограниченном доступном угле поворота валов
SmartSector	Измерение по секторам с подсказкой следующего положения
SmartPoints	Многоточечное измерение из доступных угловых положений
SmartSpin	Непрерывная регистрация данных во время вращения валов

Во время измерения Программа отображает положение измерительных блоков, число зарегистрированных точек, угловой охват и качество набора данных. Перечисленные сведения позволяют пользователю контролировать полноту и достоверность измерительного набора непосредственно в процессе работы и при необходимости продолжить регистрацию точек до достижения требуемого качества.

Некорректные или недостаточные данные не используются для формирования окончательного результата. Данное ограничение реализовано программно и исключает получение результата расчёта на заведомо непригодном наборе измерений.

3.8. Алгоритмическое ядро обработки измерений и расчёта результата

Алгоритмическое ядро получает показания измерительных блоков и параметры оборудования, после чего выполняет проверку, фильтрацию и расчёт. Обработка выполняется локально на устройстве пользователя.

По результатам обработки Программа определяет:

- параллельное смещение осей;

- угловую несоосность;
- значения в горизонтальной и вертикальной плоскостях;
- соответствие выбранному допуску;
- требуемые перемещения передних и задних опор;
- качество и повторяемость измерений.

Результат расчёта представляется пользователю в выбранных единицах измерения совместно с оценкой соответствия установленному допуску, что позволяет непосредственно определить необходимость дальнейшей корректировки.

Пользователь может хранить несколько первичных и контрольных результатов, выбирать активный результат и выполнять его пересчёт после исключения отдельных измерительных точек. Возможность пересчёта позволяет уточнить результат без повторного проведения полного измерительного цикла в случаях, когда отдельные точки признаны недостоверными. Хранение нескольких результатов обеспечивает сопоставление состояния оборудования на различных стадиях выполнения работ.

3.9. Режим живой центровки и контрольное измерение

Модуль обеспечивает сопровождение механической корректировки положения машины по рассчитанным поправкам.

В режиме живой центровки Программа периодически получает текущие показания измерительных блоков и отображает изменение несоосности и требуемых поправок в ходе механического перемещения машины. Пользователь наблюдает результат своих действий непосредственно во время их выполнения, что позволяет достигать требуемого положения без промежуточных полных измерительных циклов.

Механическое перемещение выполняется пользователем. Программа рассчитывает и отображает требуемые поправки, но не управляет

перемещением оборудования и не выдаёт управляющих воздействий на исполнительные механизмы.

После завершения корректировки может быть выполнено контрольное измерение. Первичный и контрольный результаты хранятся отдельно и могут быть включены в общий отчёт, что обеспечивает документальное подтверждение состояния оборудования до и после выполненных работ.

3.10. Модуль локального хранения и восстановления работы

Модуль обеспечивает сохранение данных рабочей сессии в локальных файлах в каталоге данных приложения.

Сохранению подлежат настройки, геометрические размеры, измерения, результаты предварительных проверок и рассчитанные результаты. Незавершённую работу можно продолжить после перезапуска Программы: состояние рабочей сессии восстанавливается из локального хранилища.

Для выполнения измерения, расчёта и просмотра ранее сохранённых результатов подключение к сети «Интернет» не требуется. Данное свойство обеспечивает применимость Программы в производственных помещениях и на объектах, где сетевое подключение отсутствует или ограничено.

Облачная синхронизация результатов в основном экземпляре Программы не используется. Все данные работы остаются на устройстве пользователя.

3.11. Модуль формирования отчёта

Модуль обеспечивает подготовку документа о выполненной работе. Отчёт формируется локально на основании данных рабочей сессии без обращения к внешним сервисам.

Отчёт может содержать:

- сведения об организации, специалисте и оборудовании;
- идентификаторы и версии измерительных блоков;
- конфигурацию и размеры установки;

- выбранные допуски и дополнительные условия;
- результаты проверки «мягкой лапы» и биения валов;
- результаты до и после корректировки;
- рассчитанные поправки для опор;
- изображения схемы оборудования и результата.

Включение в отчёт идентификаторов и версий измерительных блоков, а также применённых допусков обеспечивает прослеживаемость условий, при которых был получен результат.

Предварительный просмотр отчёта открывается в локальном HTML-интерфейсе через компонент WebView или браузер. Сформированный документ может быть сохранён пользователем в формате PDF в выбранный каталог файловой системы устройства.

3.12. Модуль лицензирования и демонстрационный режим

Модуль лицензирования определяет доступность функций Программы. Лицензионные данные могут вводиться предусмотренным интерфейсом, включая сканирование QR-кода на поддерживаемом устройстве.

Демонстрационный режим позволяет ознакомиться с последовательностью работы Программы без подключения физических измерительных блоков. Режим применяется при обучении пользователей и предварительной оценке возможностей Программы.

Данные, полученные в демонстрационном режиме, не являются результатом реального измерения оборудования и не могут использоваться для оценки его фактического состояния.

4. ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЕ СЦЕНАРИИ

Ниже приведены основные сценарии, отражающие назначение Программы. Детальные действия интерфейса могут отличаться в зависимости от платформы, условий лицензии и характеристик подключённого оборудования.

4.1. Выполнение новой центровки

Таблица 4. Сценарий «Выполнение новой центровки»

Краткое описание сценария	Создать новую рабочую сессию и получить результат центровки
Участники	Специалист по центровке Программа Измерительные блоки M и S
Предусловие (контекст)	Программа установлена на устройстве пользователя. Требуемые функции доступны по лицензии. Измерительные блоки установлены на оборудовании, включены и находятся в зоне BLE-связи.
Постусловие (результат)	Результат центровки рассчитан и сохранён в рабочей сессии.
Основной сценарий	1. Пользователь начинает новую работу. 2. Пользователь выполняет поиск измерительных блоков и устанавливает BLE-соединение с блоками M и S. 3. Программа отображает состояние соединения, уровень заряда и качество связи блоков. 4. Пользователь выбирает систему единиц измерения (метрическую или дюймовую). 5. Пользователь задаёт конфигурацию оборудования: взаимное расположение машин и блоков, тип муфты (включая конфигурацию с проставочным валом), частоту вращения и диаметр муфты. 6. Пользователь вводит расстояния между блоками, муфтой и опорами, указывает регулируемую сторону и заблокированные опоры, при необходимости задаёт тепловой рост. 7. Пользователь выбирает применяемый допуск (системный, пользовательский или ГОСТ). 8. Программа проверяет введённые данные и отображает заданную конфигурацию в виде интерактивной трёхмерной схемы. 9. [опционально] Пользователь выполняет предварительные проверки: проверку «мягкой лапы» и измерение биения валов. 10. Пользователь выбирает метод измерения. 11. Пользователь выполняет регистрацию измерений в соответствии с выбранным методом, контролируя число

	зарегистрированных точек, угловой охват и качество набора данных. 12. Программа выполняет проверку, фильтрацию и расчёт полученных данных. 13. Программа отображает рассчитанный результат: параллельное смещение, угловую несоосность, значения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, соответствие допуску и требуемые перемещения передних и задних опор. 14. Программа сохраняет результат и параметры рабочей сессии в локальном хранилище.
Альтернативный сценарий	<i>A1. Работа без подключения измерительных блоков</i> 1. Пользователь включает демонстрационный режим и проходит последовательность работы без физических блоков. 2. Полученные данные не являются результатом реального измерения. <i>A2. Недостаточное качество измерительного набора</i> 1. Программа не использует некорректные или недостаточные данные для формирования окончательного результата. 2. Пользователь повторяет регистрацию отдельных точек до достижения требуемого качества набора. <i>A3. Уточнение ранее полученного результата</i> 1. Пользователь исключает отдельные измерительные точки. 2. Программа выполняет пересчёт активного результата. <i>A4. Разрыв BLE-соединения в ходе измерения</i> 1. Программа отображает изменение состояния соединения. 2. Программа выполняет повторное подключение; ранее зарегистрированные данные сохраняются.
Исключения	Потеря BLE-связи с измерительными блоками; неподдерживаемая версия прошивки блока; недостаточный набор данных; некорректно введённые размеры установки. Перечисленные обстоятельства препятствуют завершению расчёта до устранения их причины.

4.2. Живая корректировка и контрольное измерение

Таблица 5. Сценарий «Живая корректировка и контрольное измерение»

Краткое описание сценария	Скорректировать положение машины по рассчитанным поправкам и проверить результат
Участники	Специалист по центровке Программа Измерительные блоки M и S
Предусловие (контекст)	В рабочей сессии сохранён первичный результат центровки. Измерительные блоки подключены. Оборудование подготовлено к безопасному выполнению корректировки.
Постусловие (результат)	Контрольный результат сохранён отдельно от первичного.

Основной сценарий	1. Пользователь переходит к режиму живой центровки. 2. Программа периодически получает текущие показания измерительных блоков. 3. Программа отображает текущие значения несоосности и требуемых поправок для опор. 4. Пользователь выполняет механическое перемещение регулируемой машины, контролируя изменение отображаемых значений. 5. Пользователь завершает корректировку по достижении значений, соответствующих выбранному допуску. 6. Пользователь выполняет контрольное измерение. 7. Программа рассчитывает контрольный результат и сохраняет его отдельно от первичного. 8. Первичный и контрольный результаты становятся доступны для включения в общий отчёт.
Альтернативный сценарий	<i>А1. Отложенное контрольное измерение</i> 1. Пользователь завершает живую центровку без выполнения контрольного измерения. 2. Пользователь возвращается к контрольному измерению позднее в рамках сохранённой рабочей сессии.
Исключения	При потере BLE-связи обновление текущих значений прекращается. Механические действия выполняются только после восстановления безопасных условий работы.

4.3. Измерение биения валов

Таблица 6. Сценарий «Измерение биения валов»

Краткое описание сценария	Выполнить предварительное измерение биения в шести угловых положениях
Участники	Специалист по центровке Программа Опциональные BLE-индикаторы часового типа
Предусловие (контекст)	Создана рабочая сессия. Вали доступны для безопасного поворота. При автоматическом вводе показаний совместимые индикаторы подключены.
Постусловие (результат)	Результаты по измеренным угловым положениям сохранены и доступны для включения в отчёт.
Основной сценарий	1. Пользователь переходит к разделу предварительных проверок и выбирает измерение биения. 2. Пользователь последовательно выбирает угловое положение. 3. Пользователь поворачивает вал в выбранное положение. 4. Программа регистрирует показание, полученное от подключённого индикатора, либо принимает значение, введённое пользователем. 5. Пользователь завершает измерение текущего положения.

	6. Действия по пунктам 2–5 повторяются для каждого из шести угловых положений. 7. Программа сохраняет результат и данные, необходимые для отображения измерения в отчёте.
Альтернативный сценарий	<i>A1. Ручной ввод показаний</i> 1. Совместимый аксессуар не используется. 2. Пользователь вводит показания вручную для каждого углового положения.
Исключения	Разрыв соединения с аксессуаром либо отсутствие корректного показания требует повторного измерения текущего углового положения.

4.4. Формирование отчёта

Таблица 7. Сценарий «Формирование отчёта»

Краткое описание сценария	Подготовить документ о выполненной работе
Участники	Специалист по центровке Программа Локальная файловая система устройства
Предусловие (контекст)	В рабочей сессии сохранены исходные данные и не менее одного рассчитанного результата.
Постусловие (результат)	Отчёт просмотрен и при необходимости сохранён в формате PDF.
Основной сценарий	1. Пользователь переходит в раздел отчёта. 2. Программа формирует отчёт на основании данных рабочей сессии. 3. Программа открывает предварительный просмотр отчёта в локальном HTML-интерфейсе через компонент WebView или браузер. 4. Пользователь проверяет реквизиты организации, специалиста и оборудования, а также включённые в отчёт результаты. 5. Пользователь запускает экспорт отчёта. 6. Пользователь выбирает место сохранения файла. 7. Программа сохраняет сформированный документ в формате PDF.
Альтернативный сценарий	<i>A1. Дополнение данных перед формированием отчёта</i> 1. Пользователь возвращается к рабочей сессии. 2. Пользователь дополняет реквизиты либо выполняет контрольное измерение. 3. Пользователь формирует отчёт повторно.
Исключения	При ошибке доступа к выбранному каталогу пользователь выбирает другое доступное место сохранения файла.

5. ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Состав данных, обрабатываемых Программой, приведён в таблице 8.

Таблица 8. Входные и выходные данные Программы

Категория	Данные
Ввод пользователя	Геометрические размеры установки, частота вращения, тип муфты, допуски, тепловой рост, параметры фильтрации, реквизиты отчёта
Данные измерительных блоков	Угол, положение лазера, состояние измерения, уровень заряда, качество связи, поддерживаемая блоком дистанция
Данные аксессуаров	Показания совместимых индикаторов часового типа при измерении биения
Результаты, отображаемые на экране	Несоосность, оценка соответствия допуску, качество измерения, поправки для опор
Сохраняемые данные	Настройки, рабочая сессия, результаты предварительных проверок, первичные и контрольные результаты
Экспортируемые данные	Отчёт о выполненной работе в формате PDF

Ввод данных выполняется двумя способами: непосредственно пользователем через интерфейс Программы и автоматически — по каналу BLE от подключённых измерительных блоков и совместимых аксессуаров. Данные, вводимые пользователем, проходят проверку на этапе ввода; данные, получаемые от оборудования, сопровождаются сведениями о состоянии измерения и качестве связи.

Обработка данных выполняется локальным алгоритмическим ядром и включает проверку, фильтрацию и расчёт. На этапе обработки исключаются некорректные и недостаточные наборы данных, после чего рассчитываются параметры несоосности, оценка соответствия допуску и требуемые перемещения опор.

Вывод данных осуществляется в трёх формах: экранное представление результатов расчёта, интерактивная трёхмерная визуализация конфигурации и направлений корректировки, а также отчётный документ в локальном HTML-представлении с возможностью сохранения в формате PDF.

Хранение данных организовано в локальных файлах в каталоге данных приложения. Передача данных во внешние информационные системы в основном экземпляре Программы не выполняется.

6. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ И ОГРАНИЧЕНИЯ

Условия применения и ограничения Программы:

- состав доступных функций определяется условиями лицензии и возможностями подключённого оборудования;
- совместимость конкретных моделей измерительных блоков, аксессуаров и версий прошивок определяется документацией поставщика оборудования;
- Программа рассчитывает и отображает требуемые поправки, но не управляет механическим перемещением оборудования;
- пользователь обязан соблюдать требования промышленной безопасности и указания эксплуатационной документации на измерительное оборудование;
- точность результата зависит от характеристик измерительных блоков, правильности их монтажа, корректности введённых размеров и качества измерительного набора;
- при отсутствии BLE-связи получение новых показаний оборудования недоступно; ранее сохранённые локальные данные при этом остаются доступными для просмотра;
- основной измерительный цикл и расчёт выполняются автономно, без обязательного серверного соединения;
- облачная синхронизация результатов в основном экземпляре Программы не реализована;
- данные, полученные в демонстрационном режиме, не отражают фактического состояния оборудования;

Программа функционирует как локальное однопользовательское приложение. Все функции, доступные в соответствии с условиями лицензии и возможностями подключённого оборудования, предоставляются пользователю устройства в полном объёме.

Разграничение доступа к данным рабочей сессии, результатам измерений и сформированным отчётам обеспечивается средствами

операционной системы устройства: данные сохраняются в каталоге данных приложения, доступ к которому определяется правами учётной записи операционной системы.

Настройка параметров работы выполняется непосредственно пользователем на его устройстве и распространяется только на данное рабочее место. Управление настройками и обмен данными между рабочими местами выполняются в пределах отдельного устройства.