

**МОДУЛЬ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ БУТОБОЕМ
В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ**

Описание программы

АННОТАЦИЯ

В данном программном документе приведено описание программного модуля, предназначенного для управления работой программно-аппаратного комплекса «Система машинного зрения для бутобоев с функционалом автоматического управления процессом дробления камней в условиях шахты без привлечения оператора» (далее – система) в автоматизированном режиме, контроля за корректной и безопасной работой системы в автоматическом режиме и отображения состояния ключевых параметров системы и оборудования на автоматизированном рабочем месте оператора (АРМ). Модуль может использоваться в горнодобывающей промышленности для обеспечения автоматической работы бутобоев по дроблению и перемещению негабаритных кусков горнорудной массы.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	4
2. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ	5
3. ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ, ЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ИНТЕРФЕЙСА ПРОГРАММЫ	6
4. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА.....	16
5. ВЫЗОВ, ЗАГРУЗКА, ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	17

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. ОБОЗНАЧЕНИЕ И НАИМЕНОВАНИЕ ПРОГРАММЫ

Программа для управления работой системы машинного зрения для бутобоев, контроля за корректной и безопасной работой системы и отображения состояния ключевых параметров системы и оборудования. Программа может использоваться в горнодобывающей промышленности для обеспечения автоматической работы бутобоев по дроблению негабаритных кусков горнорудной массы.

Программа имеет следующие атрибуты:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| • Полное наименование: | – Модуль визуализации для цифрового управления бутобоем в условиях шахты |
| • Сокращенное название : | – Модуль визуализации ЦУБ |
| • Наименование исполняемого файла: | – VisualizationModule.exe |
| • Размер исполняемого файла: | – 1035кБ |
| • Язык пользовательского интерфейса: | – русский |
| • Пользовательское наименование ПО: | - Система целеуказания |

1.2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОГРАММЫ

- ОС семейства Microsoft Windows (версия 10);

1.3. ЯЗЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ

- Для реализации основных структур данных, алгоритмов и элементов пользовательского интерфейса использовался языки C#, C++.

2. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ

Модуль визуализации для цифрового управления бутобоем в условиях шахты (далее - модуль визуализации) предназначен для управления работой системы в автоматизированном режиме, контроля за корректной и безопасной работой системы в автоматическом режиме и отображения состояния ключевых параметров системы и оборудования на автоматизированном рабочем месте оператора (АРМ оператора). Программа может использоваться в горнодобывающей промышленности для обеспечения автоматической работы бутобоев по дроблению негабаритных кусков горнорудной массы.

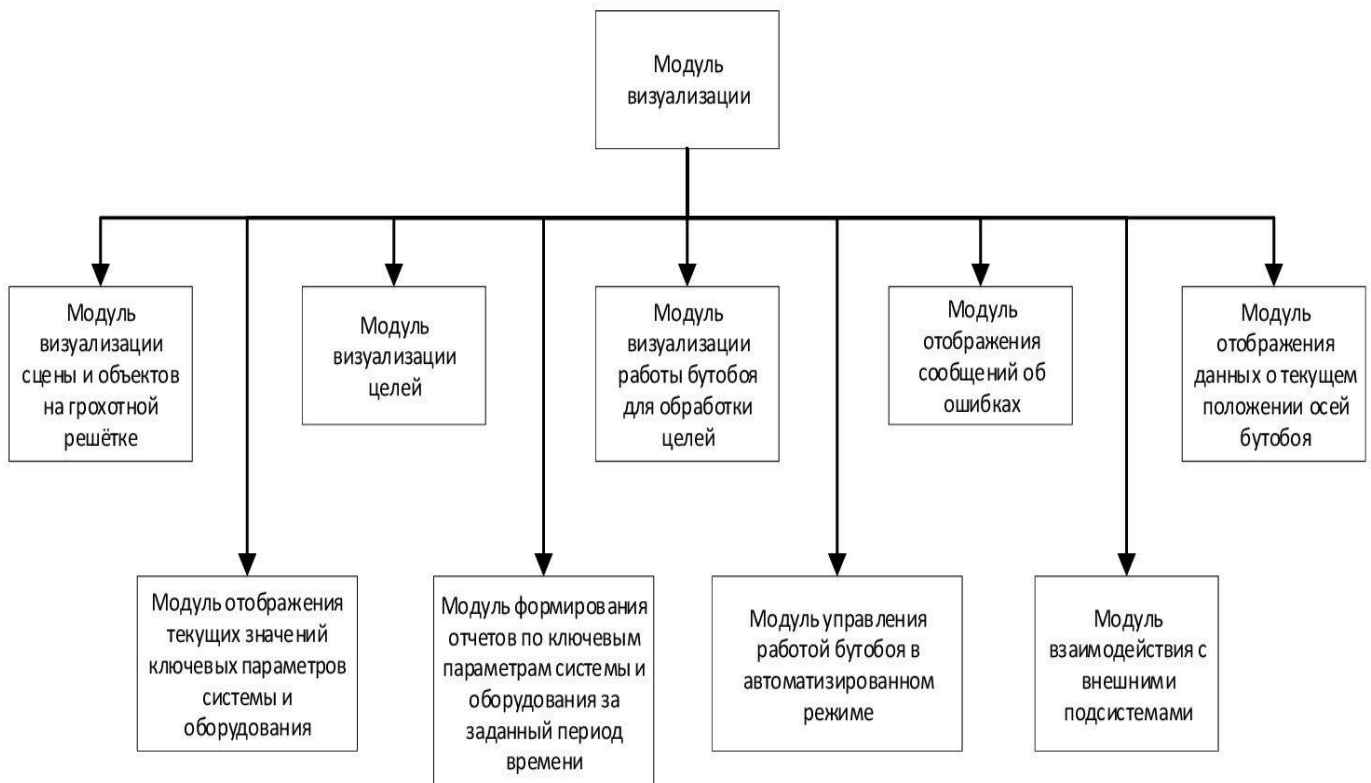
Модуль визуализации реализует следующие функции:

- 1) управление работой бутобоя в автоматизированном режиме с контролем недопущения столкновений подвижных компонентов бутобоя с объектами окружения (грохотная решётка, пол, стены испытательной лаборатории, борта, кровля шахты, вспомогательное оборудование и т.д.) и оценкой досягаемости цели с учётом кинематических ограничений бутобоя;
- 2) визуализация движения бутобоя в процессе дробления горнорудной массы в условиях испытательной лаборатории или шахты;
- 3) вывод сообщений о проблемах (столкновения, недосыгаемость) перед передачей управляющей программы на бутобой;
- 4) отображение в информационном окне текущих значений ключевых параметров системы и оборудования;
- 5) предоставление отчетов по ключевым параметрам системы и оборудования за заданный период времени.

3. ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ, ЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ИНТЕРФЕЙСА ПРОГРАММЫ

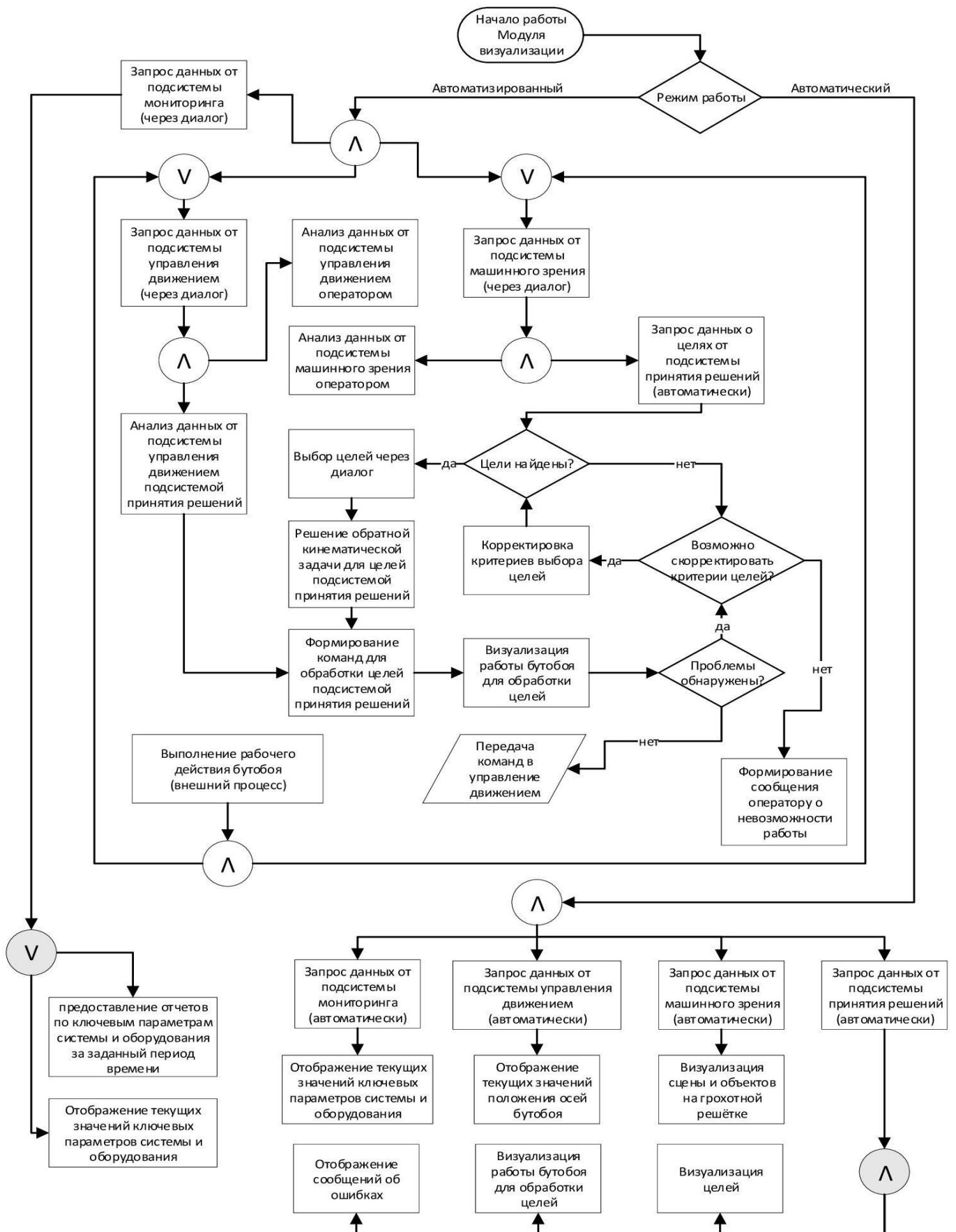
3.1 СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

Модульная структура программы представлена на схеме ниже:



3.2. АЛГОРИТМ ПРОГРАММЫ

Блок-схема алгоритма работы программы представлен на схеме ниже:

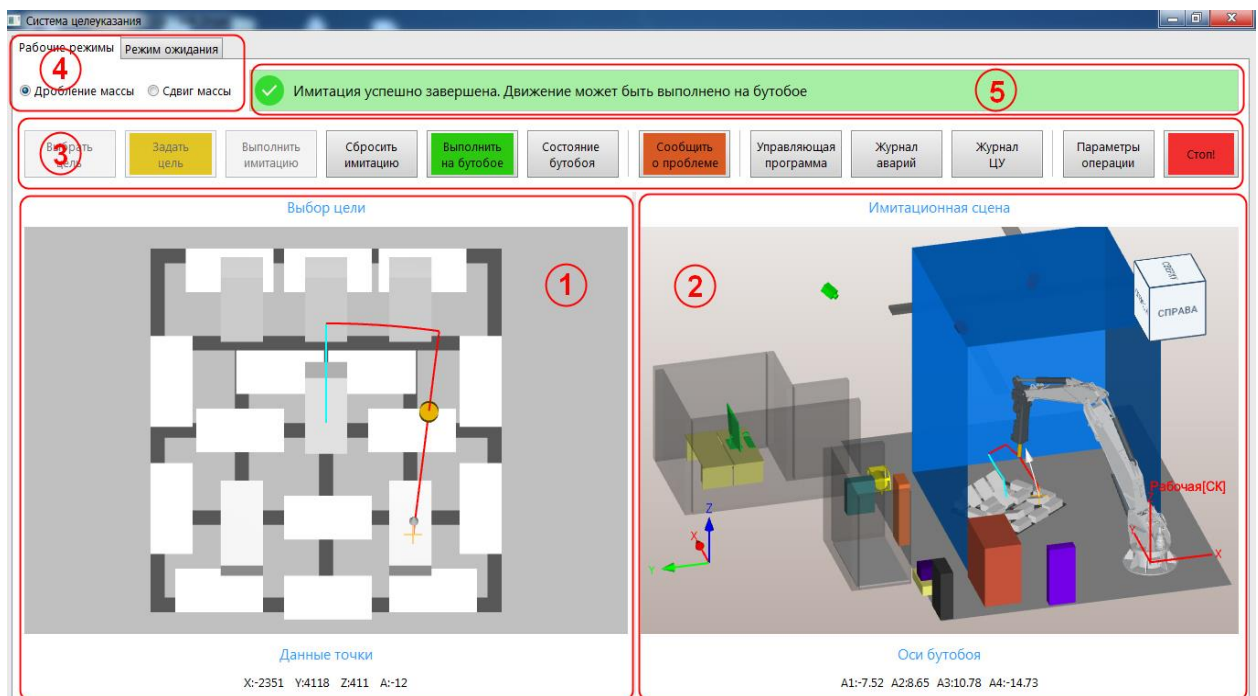


3.3. ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС ПРОГРАММЫ

Программа модуль визуализации представляет собой приложение с графическим пользовательским интерфейсом. Пользовательское наименование ПО – «Система целеуказания».

Реализована программная среда системы целеуказания (ЦУ), входящая в состав модуля визуализации, предназначенная для управления работой системы в автоматизированной режиме и для отображения на автоматизированном рабочем месте оператора (АРМ оператора) ключевых параметров работы комплекса оборудования: текущих данных о положении подвижных осей бутобоя, координатах контактной точки пика бутобоя, а также датчиков температуры и давления маслостанции и определённых сигналов от связанных с системой модулей.

Система ЦУ включает в себя следующие интерфейсные решения и диалоговые окна:



1. Окно выбора и указания цели, представляющее собой обзор грохотной решётки в плане «сверху», расположенной в испытательной лаборатории и элементов, имитирующих фрагменты ГРМ. В окне реализуются следующие функции:

- отображение геометрических моделей целей, полученных в результате фиксации данных от каждого модуля системы машинного зрения, представленных в виде триангулированной модели;

- определение нормали в каждой точке указания цели и расчёт центра масс цели для построения наиболее рациональной траектории движения пики бутобоя в режиме дробления массы;

- отображение координат положения точки указания цели относительно рабочей системы координат бутобоя.

2. Окно имитационной сцены, представляющее собой отображение 3-х мерной модели всех компонентов системы, подготовленную в программной среде создания элементов имитационной сцены. В окне реализуются следующие функции:

- отображение модели бутобоя, модели грохотной решётки, моделей целей и всех вспомогательных компонентов, задействованных в процессе, стен и перегородок помещения, а также компонентов, с которыми необходимо осуществлять контроль столкновений;

- визуализация движения звеньев бутобоя в процессе отработки указанной цели по сформированной системой траектории;

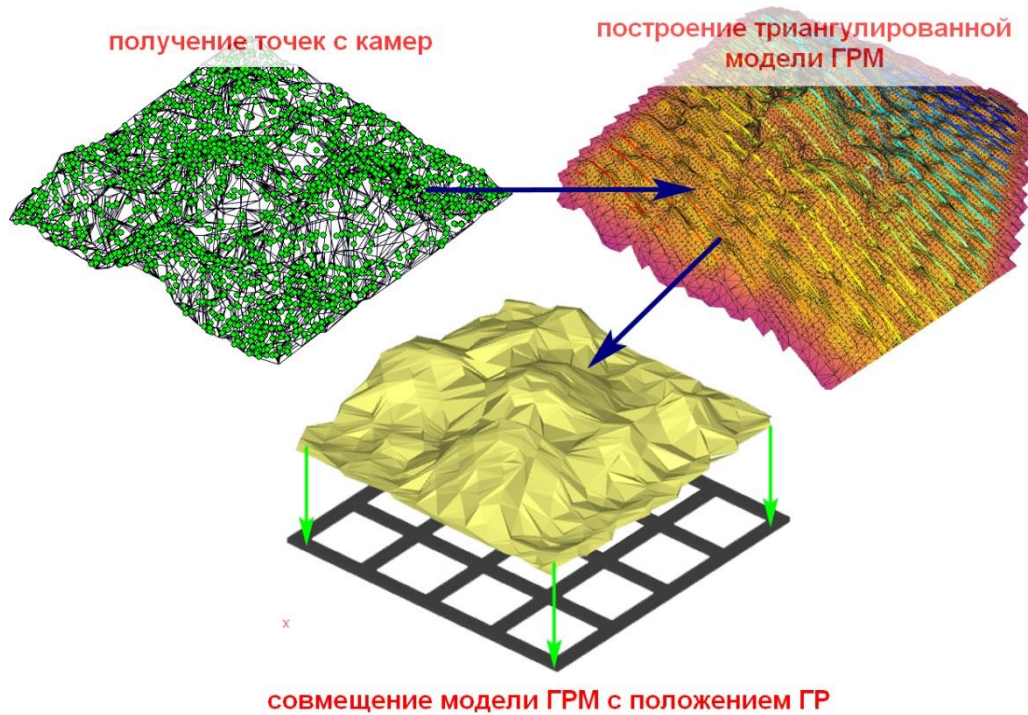
- отображение траектории движения пики бутобоя с выделением рабочих и ускоренных перемещений на разных скоростях движения;

- отображение текущих координат осей всех звеньев бутобоя;

- фиксация столкновений компонентов системы в процессе отработки УП.

3. Главная панель, представлена в виде ленты с командными кнопками, предназначенная для управления работой системы в автоматизированной режиме и для отображения на автоматизированном рабочем месте оператора (АРМ оператора) ключевых параметров работы комплекса оборудования от модулей, обеспечивающих мониторинг основных показателей системы. Командные кнопки позволяют оператору реализовать следующие функции:

- получить актуальные данные в виде 3-х мерной модели ГРМ с камер подсистемы машинного зрения, осуществить их преобразование и совмещение результатов съёмки горнорудной массы с положением грохотной решётки в лаборатории.



- Выбрать и задать цели в окне Выбора цели или окне имитационной сцены, который осуществляется указание курсором точки на объекте ГРМ, при этом в указанной точке возникает вектор нормали к поверхности объекта.
- Настроить основные технологические параметры выполнения операции, положение рабочих компонентов бутобоя, задать область безопасности, параметры расчёта траектории движения пики в зависимости от ее размера. Для оператора доступны следующие параметры выполнения операции:

Параметры операции

Общие параметры

Длина пики (мм) 530

Привязка цели к геометрии ☐

Проверять столкновения ☒

Границы области обработки ☒

Безопасная область

Безопасная высота (мм) 1300

Дробление массы

Зазор для включения гидромолота (мм) 100

Сдвиг массы

Угол наклона пики (град.) -45

Угловой припуск к габаритам цели (град.) 0

Радиальный припуск к габаритам цели (мм) 0

Смещение от верха цели (мм) 100

Минимальная высота над решеткой (мм) 50

Высота над решёткой (мм) 500

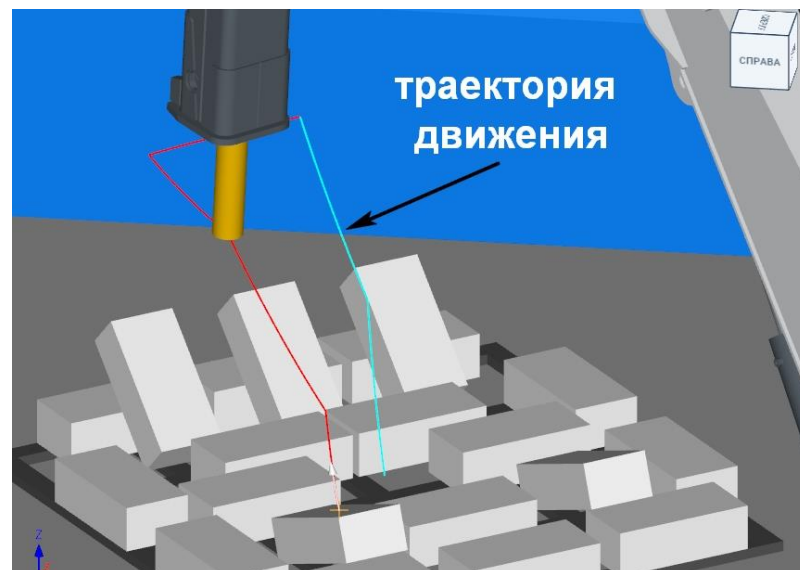
Угловой шаг между проходами (град.) 5

Линейный шаг между проходами (мм) 50

Разбиение рабочего хода 1

Направление Снизу вверх

- Выполнить имитацию работы системы, в результате которой происходит демонстрация движения бутобоя по автоматически сгенерированной системой траектории, описываемой координатами перемещения расчетной точки пики по



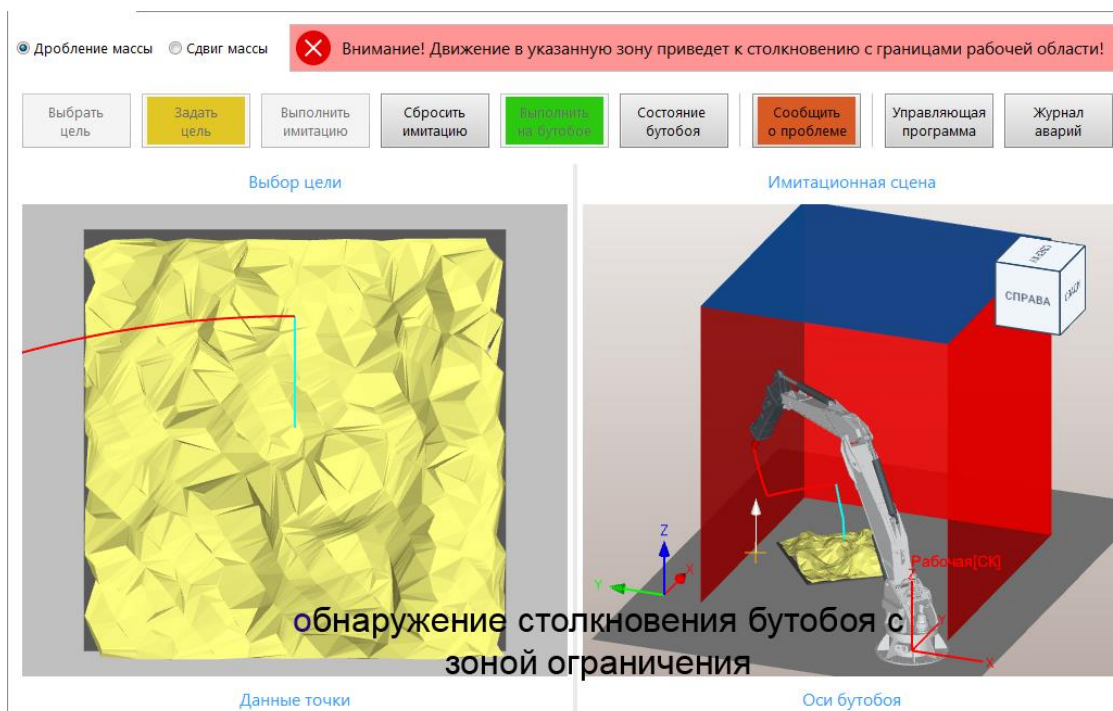
управляющей программе и связанных звеньев бутобоя.

- Отобразить управляющую программу, сгенерированную модулем визуализации в виде величин относительных угловых координат звеньев бутобоя.

	A1	A2	A3	A4
1	0.000	8.651	0.000	0.000
2	0.000	8.651	10.785	0.000
3	-5.823	8.651	10.785	0.000
4	-5.823	8.651	10.785	25.583
5	-5.823	8.651	-2.412	25.583
6	-5.823	2.201	-2.412	25.583
7	-5.758	0.575	-0.843	25.640
8	-5.823	2.201	-2.412	25.583
9	-5.823	8.651	-2.412	25.583
10	-5.823	8.651	10.785	25.583

- Проверить выполнение управляющей программы движения бутобоя на столкновения с компонентами здания лаборатории, потенциально опасными объектами вокруг ГР (например, негабаритными кусками ГРМ) или друг с другом. При этом:

- выполнение УП прекращается;
- столкнувшиеся компоненты окрашиваются красным цветом;
- оператору выдаётся сообщение об ошибках;
- ошибки фиксируются в журнале событий.



- Отправить команду на выполнение рабочих движений непосредственно на бутобое в случае успешного завершения имитации движения или сбросить имитацию и переопределить цель в случае возникновения ошибок.

- Получить ключевые параметры работы системы: текущие данные о положении осей подвижных звеньев бутобоя, координатах контактной точки пики бутобоя, а также датчиков температуры и давления маслостанции. Сопоставить полученных данных со значениями нормы. Передать данные об отклонении показаний датчиков или камер от нормы в модуль безопасности. Модуль визуализации обеспечивает вывод на экран монитора АРМ оператора:

- текущих показаний температуры и давления маслостанции от модуля мониторинга работы бутобоя;
- текущих показаний датчиков положения осей бутобоя от модуля управления движениями бутобоя;
- текущих значений:
 - ✓ угловое положение первого звена бутобоя, °;
 - ✓ угловое положение второго звена бутобоя, °;
 - ✓ угловое положение третьего звена бутобоя, °;
 - ✓ угловое положение четвёртого звена бутобоя, °;
 - ✓ координаты X, Y, Z рабочей точки пики бутобоя в системе координат бутобоя, мм;
 - ✓ температура масла, °С;
 - ✓ давление в гидромолоте, Мпа.

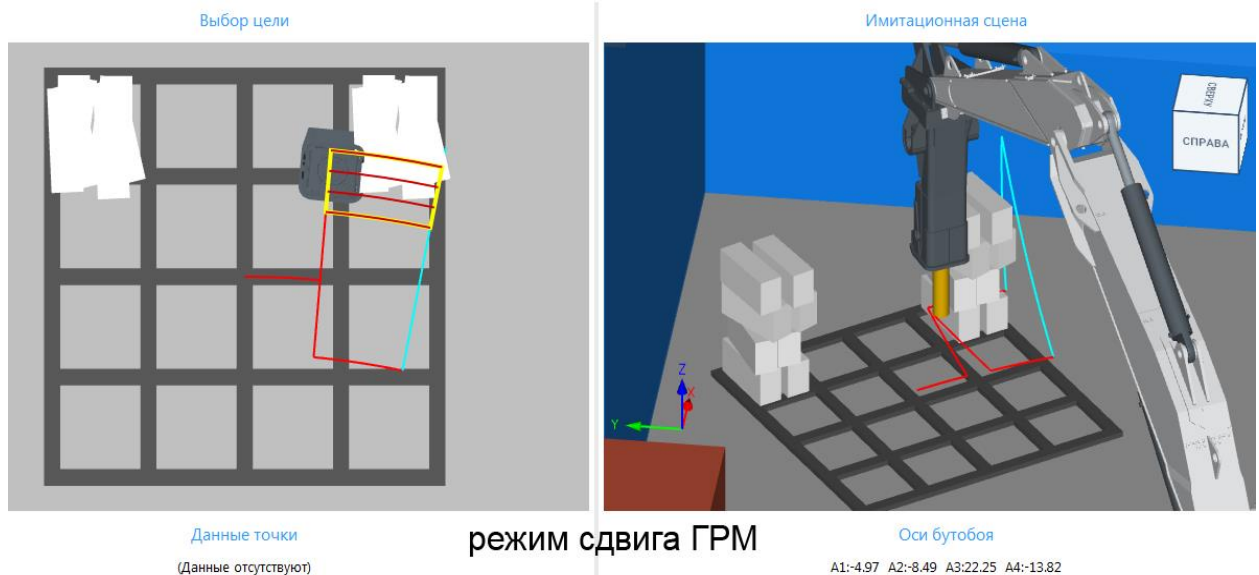
В случае получения системой сигнала от модуля контроля периферийных датчиков об отклонении показаний датчиков от нормы происходит аварийное прерывание работы бутобоя.

- Просмотреть журнал событий, включающий информацию о выполненных бутобоем целях и всех возникших в процессе работы системы ошибках.

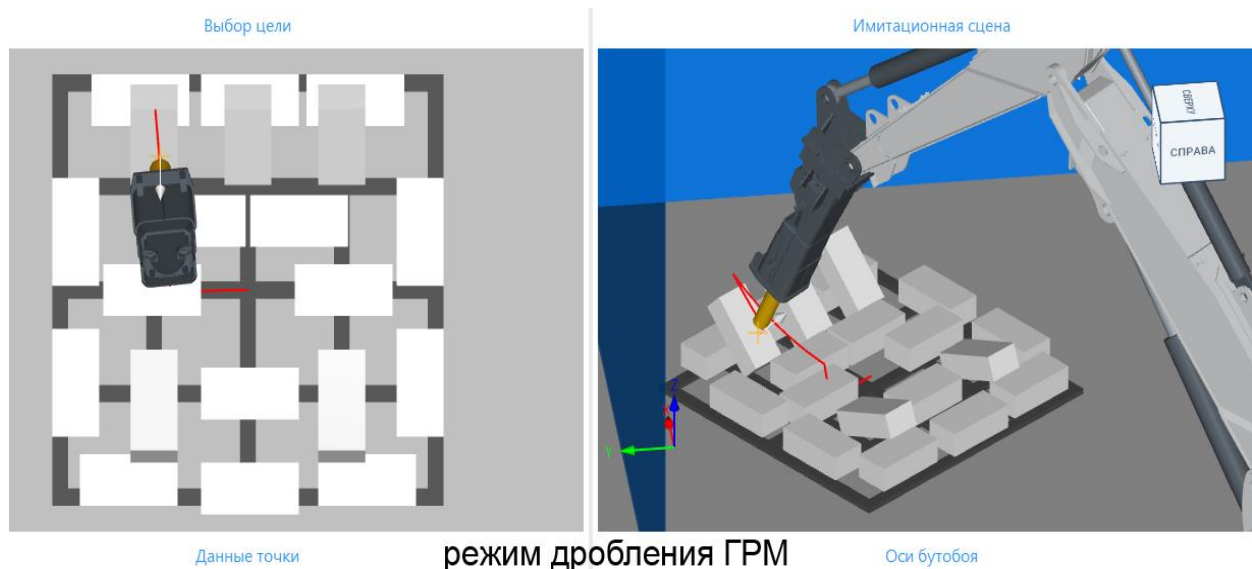
- Сообщить о проблеме в случае ряда неудачных попыток имитации движения бутобоя, при этом:

- при нажатии кнопки-команды «Сообщить о проблеме» открывается окно сообщений в виде чата-журнала для отправки сообщений диспетчеру АСДПГР (внешняя система диспетчеризации);
- оператор описывает суть проблемы или выбирает из представленных шаблонов (перечень шаблонов заранее формируется в системе);

- все записи фиксируются в журнале событий.
- 4. Меню выбора режима работы модуля визуализации. Выбор режима работы влияет на способ расчёта и вид траектории движения пики. При этом оператору АРМ доступны следующие режимы работы системы:
 - Режим сдвига массы – режим для выполнения команд по сдвигу ГРМ, в т.ч. небольших размеров, проходящих в ячейки ГР;



- Режим дробления массы – режим для выполнения команд для дробления негабаритных кусков ГРМ размеров, непреходящих в ячейки ГР;



- Режим ожидания – режим, при котором действий в системе не выполняется, при этом транслируется видеосъёмка текущей ситуации в испытательной лаборатории, имитирующей шахту, а бутобой находится в режиме готовности.

5. Окно информационных сообщений оператору АРМ, определяющих его действия, выбора режимов и параметров системы, принятия решения о дальнейших действиях или прекращения работы. Оно включает в себя следующие сообщения:

- информационные, сообщающие о текущем состоянии системы, строка принимает синий цвет:

- «Ожидание выбора цели»;
- «Выбрана цель. Выполните имитацию»;

- проверочное, сообщающее об успешной проверке выполнения действия, строка принимает зелёный цвет:

➤ «Имитация успешно завершена. Движение может быть выполнено на бутобое»;

- предупреждающие, сообщающие об ошибке и необходимости принятия решения, строка принимает красный цвет:

➤ «Внимание! Движение в указанную зону невозможно из-за ограничений осей бутобая!»;

➤ «Внимание! Движение в указанную зону приведёт к столкновению с границами рабочей области!»;

➤ «Внимание! Движение в указанную зону приведёт к столкновению с грохотной решёткой!»;

➤ «Внимание! Движение в указанную зону приведёт к столкновению с оборудованием!».

Реализация программного модуля визуализации работы системы бутобой осуществлена на языках программирования С# и С++.

Все аппаратные составляющие для МВ смонтированы на специальную монтажную панель и помещены в шкаф для оборудования подсистем управления движением бутобая и мониторинга, выполненный в РН исполнении.

4. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Для функционирования программы МВЦУБ требуется ПЭВМ со следующей конфигурацией:

- ОС Windows 10.
- Процессор i5 и выше, с частотой от 2.5ГГц и выше, с 4 ядрами и выше.
- Оперативная память - 8ГБ.
- SSD - 1ТБ.
- Видеокарта Nvidia OpenGL 2.0 4 ГБ.
- Дисплей 21 дюйм.
- Наличие устройств ввода (клавиатура, сенсорный экран/манипулятор «мышь»).

5. ВЫЗОВ, ЗАГРУЗКА, ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ.

5.1 ВЫЗОВ И ЗАГРУЗКА

Вызов программы осуществляется при помощи запуска исполняемого файла VisualizationModule.exe одним из штатных способов, предусмотренных операционной системой Windows.

5.2 ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Входными данными программы являются:

- управляющие команды от оператора в автоматизированном режиме;
- данные для визуализации сцены и объектов на грохотной решётке от подсистемы машинного зрения;
- данные по обработке и фильтрации объектов рабочей сцены от подсистемы принятия решений;
- текущие данные по показаниям ключевых параметров системы от модуля мониторинга;
- текущие данные по показаниям датчиков положения осей бутобоя от модуля управления движением;

5.3 ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Выходными данными программы являются:

- визуальное отображение бутобоя и объектов рабочей сцены в режиме, близком к реальному времени.
- визуальное отображение имитации рабочего движения бутобоя и траектории движения рабочей точки ГМ при отработке управляющей программы.
- отображение по запросу оператора текущих значений ключевых параметров системы и оборудования и текущих значений положения осей бутобоя;
- предоставление отчетов по ключевым параметрам системы и оборудования за заданный период времени;
- вывод на экран АРМ сообщений об ошибках и аварийных ситуациях.