

## **Разработка пользовательского интерфейса автоматизированного рабочего места оператора комплекса противодействия БПЛА**

М.З. Нгуен

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,  
600000, Россия, г. Владимир, ул. Горького, 87  
E-mail: [nguen1105@gmail.com](mailto:nguen1105@gmail.com)

*В работе рассматривается разработка пользовательского интерфейса автоматизированного рабочего места оператора программно-аппаратного комплекса противодействия беспилотным летательным аппаратам. Актуальность исследования обусловлена тем, что современные комплексы противодействия БПЛА включают несколько взаимосвязанных подсистем, а раздельная работа с ними повышает нагрузку на оператора и затрудняет принятие решений в реальном времени. Предложен подход к построению единого операторского интерфейса, объединяющего видеонаблюдение, радиолокационные данные, управление исполнительными механизмами, работу с дальномером и средствами воздействия, а также фиксацию результатов работы. Для реализации приложения выбраны C#, .NET 8 и Avalonia UI с использованием архитектурного подхода MVVM. Описаны структура программного комплекса, состав основных модулей, компоновка главного окна и основные сценарии взаимодействия оператора с системой. Показано, что разработанный интерфейс обеспечивает удобную организацию рабочих областей и позволяет сократить число переключений между различными элементами управления при сопровождении цели. Ключевые слова: автоматизированное рабочее место оператора, пользовательский интерфейс, противодействие БПЛА, Avalonia UI, MVVM, видеонаблюдение, радиолокационные данные.*

### **Development of a user interface for an operator workstation of an anti-UAV system**

M.Z. Nguyen

Vladimir State University named after Alexander and Nikolai Stoletovs,  
87 Gorky Street, Vladimir, 600000, Russia  
E-mail: [nguen1105@gmail.com](mailto:nguen1105@gmail.com)

*The paper considers the development of a user interface for an operator workstation of a hardware-software anti-UAV system. The relevance of the study is determined by the fact that modern counter-UAV systems include several interconnected subsystems, while separate interaction with them increases the operator's workload and complicates real-time decision-making. An approach to building a unified operator interface is proposed, integrating video surveillance, radar data, control of executive mechanisms, interaction with a rangefinder and effectors, as well as recording of operation results. The application is implemented using C#, .NET 8 and Avalonia UI with the MVVM architectural pattern. The paper describes the software structure, the main modules, the layout of the main window and the key operator interaction scenarios. It is shown that the developed interface provides a convenient organization of functional areas and reduces the number of context switches during target tracking.*

*Keywords: operator workstation, user interface, anti-UAV system, Avalonia UI, MVVM, video surveillance, radar data.*

### **Введение**

В настоящее время беспилотные летательные аппараты находят все более широкое применение в гражданской и специальной сферах. Наряду с полезными сценариями использования БПЛА возрастает необходимость защиты объектов от

несанкционированного появления воздушных целей в контролируемой зоне. Для эффективного противодействия таким объектам требуются своевременное обнаружение цели, ее наблюдение, сопровождение, определение параметров движения и оперативное управление средствами реагирования.

Современные программно-аппаратные комплексы противодействия БПЛА обычно включают несколько взаимосвязанных подсистем: видеокамеры наблюдения, инфракрасные каналы, радиолокационные средства, дальномерные устройства, исполнительные механизмы наведения и средства воздействия. При раздельной работе с этими подсистемами на оператора ложится значительная нагрузка, поскольку ему необходимо одновременно анализировать видеопотоки, контролировать состояние оборудования, отслеживать положение цели и управлять режимами работы комплекса. По этой причине актуальной задачей является разработка автоматизированного рабочего места оператора, обеспечивающего объединение основных функций комплекса в одном программном интерфейсе.

Целью работы является разработка пользовательского интерфейса автоматизированного рабочего места оператора программно-аппаратного комплекса противодействия БПЛА, обеспечивающего отображение информации от подсистем комплекса, сопровождение цели, управление исполнительными устройствами и фиксацию результатов работы. Для достижения этой цели были решены задачи анализа предметной области, изучения существующих решений, выбора средств разработки, проектирования структуры интерфейса и реализации основных операторских сценариев.

### **Требования к интерфейсу оператора**

Предметная область разрабатываемого приложения связана с организацией работы оператора комплекса противодействия беспилотным летательным аппаратам. Основное назначение такого комплекса заключается в обнаружении воздушных целей, наблюдении за ними, сопровождении, определении параметров их движения и управлении средствами воздействия или наведения. В этой предметной области оператор должен в реальном времени получать данные от нескольких подсистем и быстро сопоставлять их между собой.

На основе анализа предметной области можно выделить ключевые требования к интерфейсу оператора. Он должен обеспечивать отображение видеопотоков и параметров цели, вывод радиолокационной информации, выбор и сопровождение объекта, управление исполнительными механизмами, взаимодействие с дальномером и средствами воздействия, а также фиксацию результатов работы. При этом все перечисленные функции должны быть собраны в рамках единого рабочего пространства, а структура окна должна уменьшать когнитивную нагрузку на оператора.

**Таблица 1. Основные требования к пользовательскому интерфейсу оператора**

<b>Требование</b>	<b>Содержание</b>
Централизованное отображение данных	Вывод видеопотоков, радиолокационной информации и статусов подсистем в одном окне
Поддержка сопровождения цели	Выбор цели, отображение параметров объекта, работа с ROI
Оперативное управление	Быстрый доступ к приводу, лазеру, дальномеру и режимам работы комплекса
Информативность	Отображение состояний устройств, служебных сообщений и текущих параметров
Фиксация результатов	Запись видео, создание снимков, сохранение данных о целях
Снижение визуальной перегрузки	Разделение окна на функциональные области и приоритизация ключевых зон

### Анализ существующих решений

Перед разработкой АРМ оператора был выполнен анализ существующих интерфейсных решений, применяемых в области обнаружения, наблюдения и сопровождения воздушных целей. Наибольший интерес представляли системы, позволяющие организовать единое рабочее пространство для контроля обстановки, работы с сенсорами и управления комплексом.

Система DroneSentry-C2 ориентирована на формирование единой оперативной картины воздушной обстановки (рис. 1) [2]. К ее достоинствам относятся централизованный мониторинг, объединение данных от различных сенсоров, работа с уведомлениями и журналом событий. Однако подобная организация больше подходит для общего мониторинга распределенных объектов, чем для локального сопровождения конкретной цели. В таком интерфейсе недостаточно выражены средства прямого управления исполнительными механизмами, режимами точного наведения и локальными инструментами оператора.

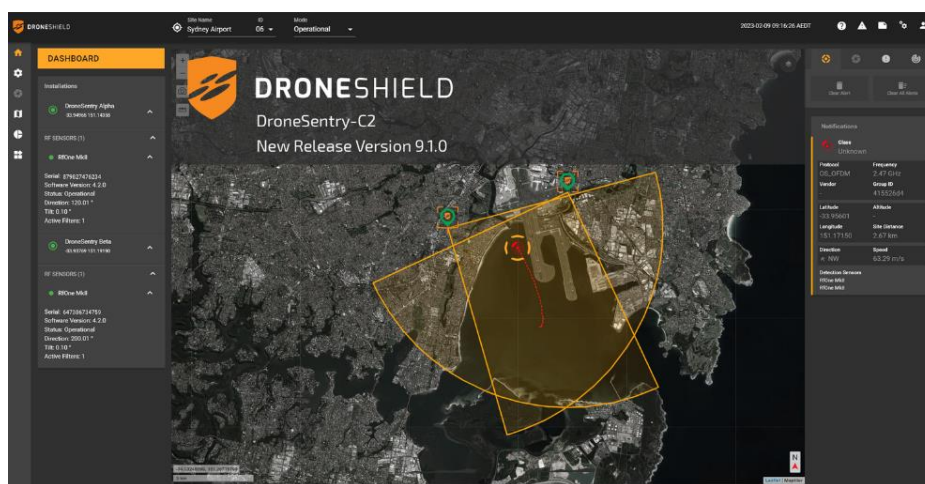


Рис. 1. Интерфейс DroneSentry-C2

Другой тип интерфейсов, ориентированный на визуальное наблюдение и управление средствами воздействия, обеспечивает более тесную интеграцию инструментов сопровождения цели и оперативного управления (рис. 2).



Рис. 2. Интерфейс «Лазерная система обороны»

Его преимуществом является возможность одновременного наблюдения за объектом и работы с режимами системы. Недостатком при этом выступает высокая визуальная насыщенность: большое количество видеоканалов, индикаторов и органов управления на одном экране затрудняет восприятие информации, особенно в условиях дефицита времени. Кроме того, в таких системах слабо представлены функции хранения результатов работы и сопоставления видеоданных с радиолокационной обстановкой.

Следовательно, при проектировании нового интерфейса необходимо было объединить достоинства рассмотренных решений и уменьшить их недостатки. Это привело к выбору подхода, при котором главное окно строится по принципу функционального разделения: центральная зона отводится под основной видеопоток, вспомогательные данные размещаются в отдельных блоках, а органы управления группируются по типу подсистемы.

### **Выбор средств разработки и архитектура приложения**

Для реализации приложения был выбран язык программирования C#. Его применение обусловлено тем, что автоматизированное рабочее место оператора включает в себя несколько взаимосвязанных модулей: пользовательский интерфейс, обработку видеопотока, взаимодействие с аппаратными устройствами, работу с базой данных и обработку радиолокационной информации. C# предоставляет удобные средства модульной организации проекта, поддержку асинхронного программирования и развитую экосистему библиотек.

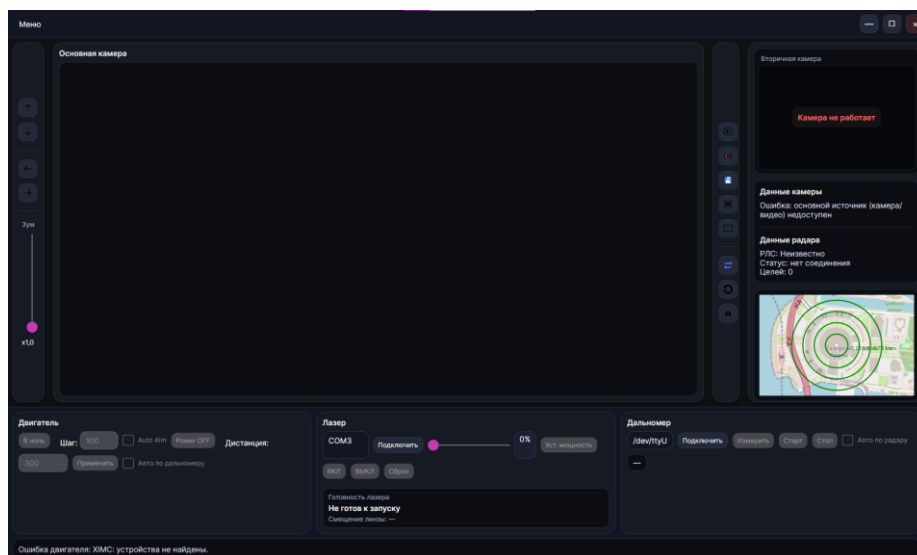
В качестве графического фреймворка использован Avalonia UI [1]. Он позволяет создавать кроссплатформенные настольные приложения на основе XAML-разметки и удобен для реализации интерфейсов, в которых необходимо одновременно отображать несколько областей данных. Дополнительным преимуществом является поддержка паттерна MVVM, упрощающего разделение логики интерфейса и прикладной обработки данных.

Приложение реализовано в виде многомодульной системы. Главный исполняемый модуль отвечает за графический интерфейс оператора и координирующий взаимодействие между остальными частями системы. Дополнительно выделены модуль обработки видео [4-6], модуль работы с базой данных [3], радиолокационный модуль, модуль управления лазером и модуль взаимодействия с камерой. Такая структура повышает расширяемость и упрощает сопровождение кода.

Ключевым управляющим компонентом интерфейса является MainWindowViewModel.cs. В нем сосредоточены свойства отображения основной и вторичной камеры, текстовые данные о состоянии камеры, радара, лазера, двигателя и дальномера, параметры зума и поворота, а также команды, привязанные к кнопкам главного окна. Логика видеопотока реализована в CameraHandler.cs, а функции записи и создания снимков в VideoRecorder.cs. Такой подход делает MainWindowViewModel связующим звеном между визуальной частью интерфейса и остальными модулями проекта.

### **Реализация пользовательского интерфейса**

Пользовательский интерфейс приложения реализован в виде главного окна, в котором элементы управления и отображения информации распределены по функциональным областям (рис. 3). Такое построение позволяет оператору быстрее ориентироваться в обстановке и получать доступ к ключевым функциям системы без постоянного переключения между вспомогательными окнами.



**Рис. 3. Пользовательский интерфейс**

Верхняя часть окна содержит служебную панель с меню и кнопками управления окном. Через меню оператор может открыть окно воспроизведения радиолокационных данных, перейти к папке со снимками или к папке с видеозаписями. Левая часть интерфейса отведена под вертикальную панель управления камерой, где размещены кнопки подъема, опускания, поворота и вертикальный ползунок управления зумом. Такая компоновка выносит наиболее часто используемые команды в отдельную область и обеспечивает быстрый доступ к ним.

Центральную часть окна занимает область основной камеры. Именно она является главным источником визуальной информации для оператора. В этой области предусмотрено взаимодействие с изображением, в том числе выбор области интереса для сопровождения цели. Справа от основной камеры размещена вертикальная панель быстрых действий. Она содержит команды выбора видеофайла, запуска записи, сохранения видео, создания снимка, включения режима ROI, переключения камер и управления воспроизведением видео.

**Таблица 2. Соответствие областей интерфейса задачам оператора**

Область интерфейса	Основная задача
Верхняя служебная панель	Навигация по функциям приложения и доступ к сохраненным данным
Левая панель управления	Оперативное управление направлением наблюдения и зумом
Центральная область	Основное визуальное наблюдение и выбор ROI
Правая панель быстрых действий	Работа с видеоданными, запись, сохранение, переключение режимов
Правая информационная область	Просмотр вторичного канала и радиолокационных данных
Нижняя панель	Управление двигателем, лазером, дальномером и контроль статусов

Правая информационная область включает окно вторичной камеры, текстовые блоки с данными камеры и радара, а также графическое представление радиолокационной информации. Нижняя часть интерфейса реализована как панель управления аппаратными средствами комплекса и разделена на несколько логических блоков: управление двигателем, управление лазером и управление дальномером. Ниже выводятся текстовые сообщения о текущем состоянии двигателя, лазера и дальномера.



Такая организация окна позволяет совместить наблюдение, контроль и управление в рамках одной экранной сцены.

### Основные сценарии работы оператора

В разработанном приложении реализован набор функций, необходимых для работы оператора комплекса противодействия БПЛА. Одной из базовых функций является наблюдение за целью. Интерфейс обеспечивает отображение основного видеопотока и дополнительного канала наблюдения, что позволяет одновременно контролировать несколько источников изображения (рис. 4). Следующей важной функцией является обнаружение цели: приложение обрабатывает видеопоток [4, 5], выделяет возможные объекты и передает информацию о них в систему сопровождения.

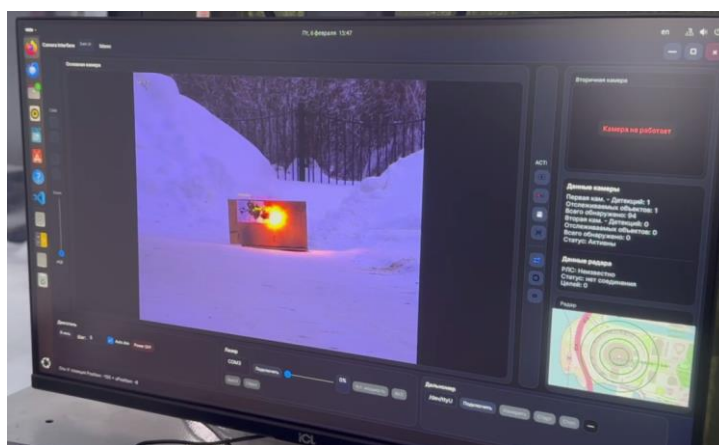


Рис. 4. Отображение основного видеопотока

Для сопровождения обнаруженного объекта реализован механизм отслеживания положения цели на кадре и возможность выделения области интереса ROI. Выбор ROI позволяет ограничить рабочую область обработки изображения, что удобно при сопровождении конкретной цели и снижении влияния посторонних объектов в кадре (рис. 5). В исходной реализации это поддерживается не только на уровне интерфейса, но и логикой окна: обработка событий мыши и отрисовка ROI вынесены в MainWindow.axaml.cs, где используется Canvas поверх изображения основной камеры.



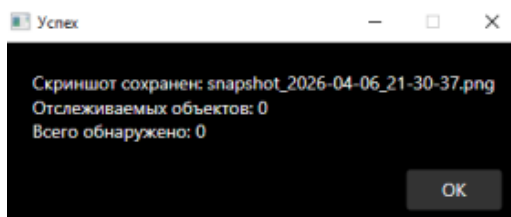
Рис. 5. Выделение области интереса

Еще одним важным сценарием является наведение. В интерфейсе доступны команды управления исполнительными механизмами, включая подъем, опускание, поворот и настройку шага перемещения. Предусмотрены также режимы автоматического наведения, в том числе с учетом радиолокационных данных и положения цели в кадре. Благодаря этому оператор может работать как в ручном, так и в полуавтоматическом режиме.

Отдельный блок функций связан с управлением средствами воздействия и измерения. Оператор может подключить лазерное устройство, задать мощность, включить или выключить лазер, а также выполнить сброс ошибок. Аналогично реализовано взаимодействие с дальномером: поддерживаются подключение, одиночное измерение, запуск и остановка непрерывного режима и использование полученных значений расстояния для последующей корректировки положения линзы или режима наведения.

### **Фиксация и хранение результатов работы**

Одной из важных задач приложения является сохранение результатов работы оператора и фиксация информации о наблюдаемых целях. Для решения этой задачи в системе реализованы механизмы записи видеоматериала, сохранения снимков и взаимодействия с базой данных [3] (рис. 6). Во время работы с видеопотоком оператор может запустить запись текущего изображения, а также создать отдельный снимок кадра. Наличие таких функций важно как для последующего анализа, так и для документирования результатов работы комплекса.



**Рис. 6. Сохранение снимка**

Помимо графических данных, приложение ориентировано на хранение сведений о целях. Для этого предусмотрен отдельный модуль работы с базой данных, включающий модели обнаружений, записей о дронах и траекториях движения. Это позволяет сохранять служебную информацию, связанную с результатами обнаружения и сопровождения объектов, и использовать ее при дальнейшем анализе. Через меню приложения реализован доступ к папкам со снимками и видеозаписями, что упрощает работу с сохраненными материалами.

Таким образом, в системе реализована как визуальная фиксация результатов работы в виде снимков и видео, так и программная фиксация данных о целях с возможностью их последующего анализа и хранения. Это расширяет функциональность АРМ оператора и переводит интерфейс из чисто наблюдательного режима в режим документирования и накопления данных.

### **Выводы**

В работе предложен и описан пользовательский интерфейс автоматизированного рабочего места оператора программно-аппаратного комплекса противодействия БПЛА. В отличие от решений, ориентированных либо только на общий мониторинг, либо на перегруженное многоканальное отображение, разработанный интерфейс строится на принципе функционального разделения областей и приоритизации ключевых задач

оператора. Это позволило объединить видеонаблюдение, сопровождение цели, управление исполнительными механизмами, работу с дальномером, взаимодействие с лазером и фиксацию результатов в одном приложении.

Практическая значимость работы заключается в создании программной основы для автоматизации деятельности оператора комплекса противодействия БПЛА. Реализованное приложение обеспечивает удобную организацию рабочего окна, снижает число переключений между источниками информации и позволяет последовательно выполнять основные этапы операторской работы: наблюдение, сопровождение, наведение, управление средствами воздействия и сохранение результатов. Дальнейшее развитие работы может быть связано с расширением числа поддерживаемых подсистем, улучшением визуализации радиолокационной обстановки и более глубокой адаптацией интерфейса под различные режимы боевой и учебной эксплуатации.

*Работа выполнена в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема FZUN-2024-0020, госзадание ВлГУ).*

### **Литература**

1. Avalonia documentation [Электронный ресурс] // Avalonia UI. – Режим доступа: <https://docs.avaloniaui.net/> (дата обращения: 10.06.2025).
2. Counter-UAS Systems Software & Analytics [Электронный ресурс] // DroneShield. – Режим доступа: <https://www.droneshield.com/> (дата обращения: 15.07.2025).
3. MySQL Connector/NET Developer Guide [Электронный ресурс] // Oracle. – Режим доступа: <https://dev.mysql.com/doc/connector-net/en/> (дата обращения: 20.08.2025).
4. ONNX Runtime Documentation [Электронный ресурс] // ONNX Runtime. – Режим доступа: <https://onnxruntime.ai/docs/> (дата обращения: 05.06.2025).
5. OpenCV Documentation [Электронный ресурс] // OpenCV. – Режим доступа: <https://docs.opencv.org/> (дата обращения: 18.07.2025).
6. OpenCvSharp Documentation [Электронный ресурс] // OpenCvSharp. – Режим доступа: <https://github.com/shimat/opencvsharp> (дата обращения: 25.08.2025).