В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от "8" сентября 2014 г. № 14.575.21.0083 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» на этапе № 5 в период с 01.08.2016 г. по 31.12.2016 г. **выполнялись следующие работы:**

1. Обобщение и выводы по результатам ПНИ, в том числе:

* проверка их соответствия требованиям ТЗ;
* проведение технико-экономической оценки полученных результатов.

1. Проведение сравнительной оценки научно-технического уровня полученных результатов исследований и разработок с современным научно-техническим уровнем аналогичных исследований.
2. Разработка рекомендаций и предложений по использованию результатов ПНИ в дальнейших исследованиях и разработках с учетом технологических возможностей ИП.
3. Разработка проекта технического задания на проведение ОКР.
4. Исследование возможности внедрения полученных в рамках проекта технических решений в различные виды транспортных систем и прочие отрасли.
5. Разработка новых функциональных элементов АПК с учетом полученных технических решений для систем технического зрения на транспортных системах.
6. Подготовка материалов на регистрацию результатов интеллектуальной деятельности, полученных в ходе выполнения проекта.
7. Участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов ПНИ во втором полугодии 2016 г: участие в конференциях и публикация статей по теме проекта.

***При этом были получены следующие результаты:***

На пятом этапе прикладных научных исследований «Обобщение и оценка результатов ПНИ» по теме: «Создание научно-технического задела в области разработки мобильных систем технического зрения для транспортных систем» выполнены следующие работы.

* Проведено обобщение и получены выводы по результатам ПНИ, в том числе:
* проверка их соответствия требованиям ТЗ;
* проведение технико-экономической оценки полученных результатов.
* Проведена сравнительная оценка научно-технического уровня полученных результатов исследований и разработок с современным научно-техническим уровнем аналогичных исследований.
* Разработаны рекомендации и предложения по использованию результатов ПНИ в дальнейших исследованиях и разработках с учетом технологических возможностей ИП.
* Разработан проект технического задания на проведение ОКР.
* Исследованы возможности внедрения полученных в рамках проекта технических решений в различные виды транспортных систем и прочие отрасли.
* Разработаны новые функциональные элементы АПК с учетом полученных технических решений для систем технического зрения на транспортных системах.
* Подготовлены материалы на регистрацию результатов интеллектуальной деятельности, полученных в ходе выполнения проекта.
* Принято участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов ПНИ во втором полугодии 2016 г: участие в конференциях и публикация статей по теме проекта.

Таким образом, полностью выполнены работы и решены все задачи, поставленные в календарном плане технического задания на пятый этап.

Одним из главных результатов настоящего проекта является разработанный прототип АПК ИАСП, который реализует весь заявленный в ТЗ функционал. Однако, для коммерциализации необходимо проведение ОКР для адаптации разработанного прототипа к серийному производству.

В ходе работ на пятом этапе была проведена проверка соответствия полученных результатов требованиям ТЗ. Было установлено, что все полученные результаты в полной мере соответствуют требованиям ТЗ. Также было установлено, что были получены все результаты, перечисленные в разделе 2 ТЗ.

Технико-экономическая оценка полученных результатов, которая показала возможность и целесообразность коммерциализации результатов ПНИ различными способами. Одним из наиболее эффективных вариантов продолжения работ по тематике проекта является проведение ОКР для доработки прототипа и создания промышленного образца.

В рамках работ, выполненных на пятом этапе ПНИ, Индустриальным партнером были продолжены исследования по улучшению методов коррекции искажений для объектива с дифракционным оптическим элементом. Данный тип объектива является новым функциональным элементом для систем технического зрения на транспортных системах. Таким образом, результаты работ пятого этапа настоящего проекта продолжают показывать эффективное взаимодействие Получателя субсидии с Индустриальным партнером.

Результаты, полученные на пятом этапе настоящих ПНИ, показали, что выбранные способы и методы исследований соответствуют научно-техническим задачам, поставленным перед проектом. Проведение сравнительной оценки научно-технического уровня полученных результатов исследований и разработок с современным научно-техническим уровнем аналогичных исследований по распознаванию дорожных знаков показало, что разработанная система находиться на высоком научно-техническом уровне и показывает эффективные результаты точности детектирования и распознавания и быстродействия. При этом исследования последнего времени показывают бурное развитие методов, связанных со сверточными нейронными сетями. В дальнейшем, при продолжении исследований по теме проекта следует подробнее исследовать алгоритмы распознавания объектов с использованием нейронных сетей.

Проведение сравнительной оценки научно-технического уровня полученных результатов исследований и разработок с современным научно-техническим уровнем аналогичных исследований по распознаванию разметки показало, что разработанная система соответствует аналогичным системам распознавания разметки по устойчивости алгоритмов к меняющимся условиям освещения, и по доле верно распознанных кадров на дистанциях до 20 метров. Быстродействие разработанной системы позволяет эксплуатацию в реальном времени, но в целом хуже современных аналогов. Вместе с тем, специальная оптимизация быстродействия алгоритмов распознавания не проводилась, и существует несколько перспективных вариантов её реализации, в т.ч. с использованием графических процессоров.

Проведение сравнительной оценки научно-технического уровня полученных результатов исследований и разработок в задаче построения трехмерной модели окружающей дорожной обстановки с современным научно-техническим уровнем аналогичных исследований показало, что используемые методы и алгоритмы качественно соответствуют мировому уровню. При этом разработанный модуль не уступает по функциональности аналогичным системам построения трёхмерных моделей сцен по данным с двух камер. При этом можно отметить, что использование технологии CUDA уже на этапе прототипирования открывает широкий простор для дальнейшего улучшения быстродействия разработанного модуля. Кроме того, разработанный продукт имеет ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с существующими на рынке аналогами, в частности, его функционирование не привязано к конкретной марке и типу видеокамеры. Единственным ограничением на его функциональность является наличие двух синхронизированных по времени и откалиброванных видеопотоков.

Разработанные в рамках проекта дифракционные оптические элементы показали высокий уровень полученных результатов, что подтверждается участием и публикациями в высокорейтинговых конференциях: CVPR 2015 и ICPR 2016.

На данном этапе выработаны также рекомендации по использованию результатов исследований в учебном процессе, в частности, предлагается использовать эти результаты при проведении лабораторных занятий, а также для курсового и дипломного проектирования по направлениям «Прикладные математика и физика», «Прикладная математика и информатика».

Прикладная значимость научно-технических задач, решаемых в ходе выполнения проекта, для дальнейшего развития науки и промышленного производства связана с планами внедрения интеллектуальных автомобильных систем оперативного анализа окружающей дорожной обстановки в ОАО «АвтоВАЗ». Создание прототипа интеллектуальной системы помощи водителю позволит повысить безопасность эксплуатации транспортных средств, а также повысит маркетинговую привлекательность производимой продукции.

Предварительная оценка новизны научно-технических результатов ПНИ высокая. В рамках настоящей работы впервые в мировой практике будут проведены исследования применения дифракционных оптических элементов для оперативного анализа дорожной обстановки. Высокая оценка научно-технического уровня ПНИ связана также с выбранным направлением формирования архитектуры системы на основе гибридных вычислительных систем. Это обеспечит возможность реализации режима реального времени, а также возможность быстрой перенастройки, с целью включения новых эффективных алгоритмов. Таким образом, ожидаемый научно-технический уровень разработок в рамках настоящего проекта сопоставим с мировым.

**Основные результаты за все время выполнения проекта**

* Создан прототип интеллектуальной автомобильной системы помощи водителю, который в дальнейшем будет использован для проведения экспериментальных исследований с целью проверить и доработать в случае необходимости разработанные методы и алгоритмы.
* Создан прототип системы формирования изображения с использованием дифракционных оптических элементов. Разработано и реализовано ПО для коррекции искажений, возникающих на изображающих дифракционных объективах видимого диапазона.
* Проведены экспериментальные исследования прототипа АПК, которые показали соответствие результатов заявленным в ТЗ требованиям.
* Проведена технико-экономическая оценка полученных результатов и разработан проект технического задания на проведение ОКР.
* Разработаны рекомендации и предложения по использованию результатов ПНИ в дальнейших исследованиях и разработках.
* Проведены исследования путей создания мобильной системы технического зрения для транспортных систем. Проведено сравнение различных возможных конфигурации прототипа интеллектуальной системы помощи водителю, выбраны 3 варианта, отличающихся составом сенсоров для блока регистрации окружающей дорожной обстановки.
* С использованием метода волновой оптики получены результаты моделирования в параксиальном и непараксиальном случаях для дифракционных и квазидифракционных линз.
* Разработаны и исследованы метод и алгоритмы детектирования и распознавания дорожных знаков. В рамках цветовой модели HSV экспериментально подобраны пороговые значения для выделения цвета, обеспечивающие возможность выделять красный цвет независимо от условий освещения. На основе разработанного алгоритма детектирования удалось создать эффективную сквозную технологию детектирования и распознавания дорожных знаков для функционирования в составе мобильной интеллектуальной системы технического зрения.
* Разработаны и исследованы метод и алгоритмы детектирования и распознавания дорожной разметки. В результате данной работы были разработаны метод и алгоритм для программного модуля распознавания дорожной разметки в составе АПК сможет обеспечивать распознавание дорожной разметки в условиях хорошей видимости и нанесения разметки на дорожное полотно согласно установленным правилам дорожного движения.
* Разработаны и исследованы метод и алгоритмы построения трехмерной модели окружающей дорожной обстановки. Высокая надёжность технологии обеспечивается ограничениями эпиполярной геометрии и схемой реализации нового метода, основанной на построении пирамиды изображений.
* Разработаны и исследованы метод и алгоритмы детектирования различных объектов с использованием трехмерной модели окружающей дорожной обстановки. За счет использования модификации метода Хафа для трехмерных данных удалось достичь надежного детектирования объектов в трехмерном облаке точек.

Созданные алгоритмы были ускорены при помощи технологии программирования графических процессоров CUDA, ускорение достигает 16 раз.

ЭИ подтвердили соответствие всех программных модулей (ПМ) заявленным в ТЗ требованиям:

* 97,3 % верно распознанных дорожных знаков на расстоянии до 30 м;
* обеспечивается надежное детектирование и распознавание дорожной разметки на расстоянии до 20 м;
* ПМ построения трехмерной модели обеспечивает построение трехмерной сцены на расстоянии до 10 м с погрешностью не более 0,2 м на расстоянии 3 м;
* ПМ детектирования и распознавания различных объектов обеспечивает обнаружение объектов на расстоянии до 10 м.