

**Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям
развития научно-технологического комплекса России на 2014 -
2020 годы»**

**Номер Соглашения о предоставлении субсидии/государственного
контракта:** 14.607.21.0030

Название проекта: Разработка и создание измерительно-
вычислительной системы для реализации технологии мезомасштабного
мониторинга и прогнозирования состояния атмосферного пограничного
слоя

Основное приоритетное направление: Рациональное природопользование

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского
отделения Российской академии наук

Руководитель проекта: Тихомиров Александр Алексеевич

Должность: заведующий лабораторией

E-mail: tikhomirov@imces.ru

Ключевые слова: технологии, автоматизированная измерительно-
вычислительная система, мониторинг в реальном масштабе времени,
атмосферный пограничный слой, метеорологические величины, воздушные
загрязнения, прогнозирование, локальная территория

Цель проекта

1. Создание комплекса научно-технических решений в области разработки измерительно-вычислительной системы (ИВС), предназначенной для реализации технологии мезомасштабного мониторинга и прогнозирования состояния атмосферного пограничного слоя (АПС).
2. Получение новых научно-технических результатов в области оперативного мониторинга и прогнозирования основных метеорологических и экологических характеристик участка приземного слоя атмосферы над мезомасштабными объектами.

Основные планируемые результаты проекта

1. В ходе выполнения ПНИ должны быть разработаны следующие методы определения метеорологических и экологических параметров АПС:
 - а) метод определения типа стратификации и вертикальных профилей метеорологических характеристик АПС, предназначенный для определения термодинамического состояния АПС (конвекция/инверсия/нейтральное) и высотных профилей скорости ветра, температуры, влажности и давления атмосферного воздуха в режиме реального времени на основе данных измерений, выполняемых экспериментальным образцом двухуровневого ультразвукового метеокомплекса (ЭО ДУМК);
 - б) метод контактного определения вертикальных профилей метеорологических характеристик (температуры, давления и влажности атмосферного воздуха) в АПС до высот 500 м на основе данных измерений, выполняемых экспериментальным образцом портативной автоматической электронной метеостанции, устанавливаемой на борту беспилотного летательного аппарата (ЭО ПЭМС-БПЛА);

в) метод контактного определения вертикальных профилей метеорологических и турбулентных характеристик (мгновенных значений скорости ветра, температуры, давления и влажности атмосферного воздуха) в АПС до высот 500 м на основе данных измерений, выполняемых экспериментальным образцом портативной автоматической ультразвуковой метеостанции, устанавливаемой на борту беспилотного летательного аппарата (ЭО ПУМС-БПЛА);

г) метод определения интегральных и структурных характеристик осадков (дождя, града) в режиме реального времени: интегрального количества дождевых осадков (сумма выпавших осадков, мм), их интенсивности (количества осадков в единицу времени, мм/час), распределения частиц осадков по размерам на основе данных измерений, выполняемых экспериментальным образцом оптического измерителя осадков (ЭО ОПТИОС);

д) метод определения газовых загрязнений приземного слоя АПС для измерения в режиме реального времени концентрации молекулярных газовых компонентов атмосферы на основе данных измерений, выполняемых экспериментальным образцом мобильной многокомпонентной оптической системы газоанализа (ЭО МОСГ/с);

е) метод определения содержания паров ртути в воздухе приземного слоя АПС для измерения в режиме реального времени концентрации паров ртути на основе данных измерений, выполняемых экспериментальным образцом мобильного оптического ртутного газоанализатора (ЭО РГА/м).

2. Создаваемый ЭО ИВС должен обеспечивать следующие характеристики:

а) проведение измерений на приземном уровне и в нижних высотных слоях (на уровнях 2, 10 ... 30 м) в режиме реального времени следующих метеорологических характеристик АПС (измерения должны выполняться посредством ЭО ДУМК, входящих в состав ЭО ИВС):

1) скорость V горизонтального ветра в диапазоне от 0,1 до 40 м/с (с погрешностью $\pm(0,1 + 0,02V)$) и направление горизонтального ветра от 0 до 360° (с погрешностью $\pm 2^\circ$) и выдавать значения: мгновенной, средней (за задаваемый период осреднения), максимальной/минимальной (за период осреднения) скорости горизонтального ветра при частоте измерений мгновенных значений скорости ветра 40 Гц;

2) скорость и направление вертикального ветра w в диапазоне от -15 до +15 м/с, с погрешностью $\pm(0,1 + 0,02w)$ м/с и выдавать значения: мгновенной, средней (за задаваемый период осреднения), максимальной/минимальной (за период осреднения) скорости вертикального ветра при частоте измерений мгновенных значений скорости ветра 40 Гц;

3) температура воздуха T в диапазоне от -50 до $+55$ °С (с погрешностью $\pm 0,2$ °С, при $T \leq +30$ °С; $\pm 0,3$ °С, при $T > +30$ °С) и выдавать значения: мгновенной, средней (за задаваемый период осреднения), максимальной/минимальной (за период осреднения) температуры воздуха при частоте измерений мгновенных значений температуры 40 Гц;

4) относительная влажность воздуха в диапазоне от 15 до 100 % с погрешностью $\pm 2,5$ % при $T > 0$ °С; ± 5 % при $T < 0$ °С и выдавать значения: средней (за задаваемый период осреднения), максимальной/минимальной (за период осреднения) относительной влажности воздуха;

5) атмосферное давление в диапазоне от 520 до 800 мм.рт.ст. с погрешностью $\pm 0,5$ мм.рт.ст. и выдавать значения: среднего (за задаваемый период осреднения), максимального/минимального (за период осреднения) атмосферного давления;

б) задаваемый период осреднения от 1 до 20 мин, с интервалом 1 мин;

б) проведение измерений интегральных и структурных характеристик атмосферных осадков (дождя и града) в режиме реального времени (измерения должны выполняться посредством ЭО ОПТИОС, входящих в состав ЭО ИВС):

1) погрешность измерения размеров частиц (горизонтальное разрешение) – не более 0,1 мм;

2) относительная погрешность измерения размеров частиц – не более 5 %;

3) диапазон размеров измеряемых частиц – от 0,3 до 10 мм;

4) относительная погрешность измерения скорости частиц – не более 3 %;

5) точность измерения количества осадков – ± 3 %;

б) чувствительность по количеству выпавших осадков – не менее 10^{-4} мм;

7) размер измерительной площадки – 50 кв. см;

в) проведение измерений метеорологических характеристик в высотных слоях АПС от 0 до 500 м (измерения должны выполняться посредством ЭО ПЭМС-БПЛА, входящих в состав ЭО ИВС):

1) температура воздуха T в диапазоне от -50 до $+55$ °С с погрешностью $\pm 0,2$ °С, при $T \leq +30$ °С; $\pm 0,3$ °С, при $T > +30$ °С и выдавать значения: средней (за задаваемый период осреднения), максимальной/минимальной температуры воздуха (за период осреднения);

2) относительная влажность воздуха в диапазоне от 15 до 100 % с погрешностью $\pm 2,5$ % при $T > 0$ °С; ± 5 % при $T < 0$ °С и выдавать значения: средней (за задаваемый период осреднения), максимальной/минимальной (за период осреднения) относительной влажности воздуха;

3) атмосферное давление в диапазоне от 520 до 800 мм.рт.ст. с погрешностью $\pm 0,5$ мм.рт.ст. и выдавать значения: средней (за задаваемый период осреднения), максимальной/минимальной (за период осреднения) атмосферного давления;

г) проведение измерений метеорологических и турбулентных характеристик в высотных слоях АПС от 30 до 500 м (измерения должны выполняться посредством ЭО ПУМС-БПЛА, входящих в состав ЭО ИВС):

1) скорость V горизонтального ветра в диапазоне от 0,1 до 40 м/с (с погрешностью $\pm(0,1 + 0,02V)$) и направление горизонтального ветра от 0 до 360° (с погрешностью $\pm 2^\circ$) и выдавать значения: мгновенной, средней (за задаваемый период осреднения), максимальной/минимальной (за период осреднения) скорости горизонтального ветра при частоте измерений мгновенных значений скорости ветра 40 Гц;

2) скорость и направление вертикального ветра w в диапазоне от -15 до $+15$ м/с, с погрешностью $\pm(0,1 + 0,02w)$ м/с и выдавать значения: мгновенной, средней (за задаваемый период осреднения), максимальной/минимальной (за период осреднения) скорости вертикального ветра при частоте измерений мгновенных значений скорости ветра 40 Гц;

3) температура воздуха T в диапазоне от -50 до $+55$ °С (с погрешностью $\pm 0,2$

°С, при $T \leq +30$ °С; $\pm 0,3$ °С, при $T > +30$ °С) и выдавать значения: мгновенной, средней (за задаваемый период осреднения), максимальной/минимальной (за период осреднения) температуры воздуха при частоте измерений мгновенных значений температуры 40 Гц;

4) относительная влажность воздуха в диапазоне от 15 до 100 % с погрешностью $\pm 2,5$ % при $T > 0$ °С; ± 5 % при $T < 0$ °С и выдавать значения: средней (за задаваемый период осреднения), максимальной/минимальной (за период осреднения) относительной влажности воздуха;

5) атмосферное давление в диапазоне от 520 до 800 мм.рт.ст. с погрешностью $\pm 0,5$ мм.рт.ст. и выдавать значения: среднего (за задаваемый период осреднения), максимального/минимального (за период осреднения) атмосферного давления;

б) параметры турбулентности (постоянная времени 25 мс);

д) проведение измерений уровня радиационного фона (γ -фона) (измерения должны выполняться посредством датчиков гамма-фона, входящих в состав ЭО ИВС);

е) проведение на приземном уровне АПС измерений газового состава воздуха, включая следующие газовые компоненты (измерения должны выполняться посредством ЭО МОСГ/м, входящего в состав ЭО ИВС) с чувствительностью не хуже 1 ПДК (~ 50 -100 ppb) при времени измерения не превышающем 15 минут: оксид углерода; диоксид углерода; оксид азота; диоксид азота; метан; метанол; диоксид серы; аммиак; формальдегид; бензол; толуол;

ж) проведение измерений концентрации паров ртути в воздухе приземного слоя (измерения должны выполняться посредством ЭО РГА/м, входящего в состав ЭО ИВС) с чувствительностью измерений не менее 30 нг/куб.м при времени измерения не превышающем 15 минут;

з) определение типа стратификации и высотных профилей метеорологических характеристик АПС (должно выполняться посредством ЭО КСОД на основе первичных данных измерений ЭО ДУМК, входящих в состав ЭО ИВС);

и) определение значений вертикальных градиентов и высотных профилей метеорологических характеристик АПС (должны выполняться посредством ЭО КСОД на основе первичных данных ЭО ПЭМС-БПЛА, входящих в состав ЭО ИВС);

к) определение значений вертикальных градиентов и характеристик высотных профилей метеорологических и турбулентных характеристик АПС (должны выполняться посредством ЭО КСОД на основе первичных данных ЭО ПУМС-БПЛА, входящих в состав ЭО ИВС);

л) выполнение сверхкраткосрочного временного (до 4-х часов вперед) прогнозирования метеорологических характеристик АПС (должно выполняться посредством ЭО ПО ИВС, входящего в состав ЭО ИВС);

м) сохранение полученных данных и выдачу их в графическом и табличном видах по запросам пользователя (должно выполняться посредством ЭО ПО ИВС, входящего в состав ЭО ИВС).

Краткая характеристика создаваемой/созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции

1. Должен быть разработан, изготовлен и испытан экспериментальный образец (ЭО) ИВС в составе:

1) стационарного измерительного комплекса ИВС (СТИК ИВС), состоящего из 4-х стационарных постов, территориально разнесенных на расстояния в несколько десятков километров и установленных на специализированных метеорологических мачтах; каждый из постов в свою очередь включает:

а) ЭО ДУМК - 1 шт.;

б) ЭО ОПТИОС (устанавливается на одном произвольно выбранном посту СТИК ИВС);

в) датчик радиационного фона (гамма-фон) (покупное изделие) - 1 шт.;

г) экспериментальный образец контроллера сбора и обработки данных (ЭО КСОД) - 1 шт.;

д) метеорологическую мачту - 1 шт.

2) мобильный измерительный комплекс ИВС (МИК ИВС), устанавливаемый на транспорте (автомобиле или автомобильном прицепе) и имеющий возможность перемещаться по контролируемой территории в соответствии с решаемой задачей. В состав МИК ИВС должны входить:

а) ЭО ДУМК - 1 шт.;

б) ЭО ОПТИОС - 1 шт.;

в) ЭО ПЭМС-БПЛА - 2 шт.;

г) ЭО ПУМС-БПЛА - 2 шт.;

д) ЭО МОСГ/м - 1 шт.;

е) ЭО РГА/м - 1 шт.;

ж) ЭО КСОД - 1 шт.;

з) транспортер для установки и транспортировки мобильных измерительных средств, входящих в состав МИК ИВС;

и) беспилотный летательный аппарат геликоптерного типа для подъема на заданную высоту ЭО ПЭМС-БПЛА или ЭО ПУМС-БПЛА - 1 шт.;

к) беспилотный летательный аппарат на основе малогабаритного привязного аэростата для подъема на заданную высоту ЭО ПЭМС-БПЛА или ЭО ПУМС-БПЛА - 1 шт.

3) Центр обработки данных ИВС (ЦОД ИВС), включающий:

а) сервер для накопления и обработки данных (покупное изделие) - 1 шт.;

б) экспериментальный образец программного обеспечения ИВС (ЭО ПО ИВС) - 1 комплект, в который входят: 1) модуль приема и подготовки метеоданных от ЭО КСОД; 2) модуль выдачи данных ЭО ИВС по запросам внешних клиентских программ; 3) модуль визуализации данных ЭО ИВС; 4) модуль сверхкраткосрочного временного прогнозирования метеорологических характеристик АПС на основе данных приземных измерений метеопараметров; 5) база данных хранения измеренных метеорологических и экологических параметров АПС.

Должен быть также разработан и изготовлен испытательный комплекс (ИК) для проведения лабораторных испытаний разрабатываемых и изготавливаемых составных частей ЭО ИВС. В состав ИК должны входить:

а) аэродинамическая труба (АТ) - 1 шт.;

б) портативный комплекс для контроля функционирования ультразвуковых термоанемометров (ПККУТ) - 1 шт.;

в) газовый пост для калибровки и испытаний многокомпонентных газоанализаторов (МГП) - 1 шт.;

г) камера тепла и влаги (покупное изделие) - 1 шт.;

д) камера давления (покупное изделие) - 1 шт.;

е) стандартные эталонные средства измерений.

Создаваемая в результате выполнения ПНИ измерительно-вычислительная система позволит реализовать новые технологии мезомасштабного мониторинга атмосферного пограничного слоя и сверхкраткосрочного прогнозирования (на 4 часа вперед) его состояния в пределах размещения ее постов измерений, а также экстраполировать измеренные значения метеорологических и экологических параметров АПС на внешнюю территорию, не охватываемую постами ИВС.

2. Научные и технологические решения, применяемые при разработке методов определения метеорологических и экологических параметров АПС с высоким пространственно-временным разрешением и создании ЭО ИВС и ее составных частей, обладают определенной новизной, что подтверждается выполненными патентными исследованиями, поданными за истекший период выполнения ПНИ тремя заявками на изобретения и одной - на полезную модель, демонстрацией прототипов ЭО составных частей ИВС на трех международных выставках, представлением результатов выполненных исследований на 9 международных и всероссийских симпозиумах и конференциях, а также публикациями статей в изданиях, входящих в базу данных Web of Science и Scopus.

а) Разработаны новые оперативные методы определения стратификации и вертикальных профилей метеорологических величин (скорости ветра, температуры, влажности и давления) до высот 500 м с высоким пространственным разрешением, интегральных и структурных характеристик осадков (дождя и града), концентраций молекулярных газовых загрязнений (на уровне ПДК) и паров ртути (на уровне долей ПДК) в приземном слое.

б) Разработанная архитектура построения ИВС, качественные и количественные характеристики получаемой посредством нее метеорологической информации (объем, погрешности измерения и частота обновления первичных данных) позволяют реализовать новые технологии модельного восстановления мезомасштабных полей метеорологических величин АПС и алгоритмы сверхкраткосрочного временного прогноза их изменений.

в) Разработанная концепция мобильной системы мониторинга АПС, заключающаяся в размещении измерительных комплексов на борту транспортных средств и предусматривающая возможность их оперативного развертывания, проведения измерений и синхронной передачи данных в режиме реального времени в центр обработки информации, обеспечивает реализацию новых технологий мониторинга метеорологических условий на заранее не оборудованной постами территории.

г) Разработанная ИВС обеспечит возможность измерения и определения широкого ряда дополнительных параметров АПС, имеющих самостоятельное научное и прикладное значение: контактный мониторинг вертикальных профилей метеорологических и турбулентных характеристик.

д) Используемый в составе ИВС мобильный измерительный комплекс обеспечивает в режиме реального времени оперативный контроль любых атмосферных загрязняющих молекулярных газовых компонентов, даже не внесенных заранее в базу данных.

3. Выполняемый проект, как было показано в Промежуточном отчете о ПНИ за 1-й этап при выполнении аналитического обзора современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему метеорологического и экологического мониторинга атмосферы, соответствует мировому уровню.

4. Заявленные результаты подтверждаются результатами лабораторных испытаний экспериментальных образцов составных частей ЭО ИВС, выполняемых с помощью оборудования, входящего в состав испытательного комплекса, созданного на 1-м этапе выполнения ПНИ, а также экспериментальными исследованиями (натурными испытаниями) ЭО ИВС на последнем этапе выполнения ПНИ.

Назначение и область применения, эффекты от внедрения результатов проекта

1. Информационно-вычислительная система в целом и ее составные части, являющиеся завершенными измерительными устройствами, представляют интерес для:

а) региональных департаментов природных ресурсов и охраны окружающей среды при использовании ИВС для проведения непрерывного мониторинга состояния АПС;

б) крупных промышленных, транспортных и прочих объектов хозяйственной инфраструктуры, функционирование которых имеет зависимость от метеорологической и экологической ситуации;

в) структур МЧС РФ при прогнозировании развития опасных метеорологических явлений и газовых загрязнений атмосферы и окружающей среды при техногенных катастрофах;

г) различных родов и видов вооруженных сил, нуждающихся в метеорологическом освещении театра военных действий (поля боя).

Разработанные методы определения метеорологических и экологических параметров АПС, реализуемые в создаваемом ЭО ИВС, должны способствовать совершенствованию технологий мезомасштабного мониторинга и прогнозирования состояния АПС.

2-3. На основе результатов натурных испытаний ЭО ИВС и его составных частей, которые будут проводиться в 2016 г., для Индустриального партнера будет разработан проект технического задания на проведение ОКР по теме "Разработка измерительно-вычислительной системы для реализации технологии мезомасштабного мониторинга и прогнозирования состояния АПС".

Отдельные составные части ЭО ИВС имеют самостоятельное прикладное значение и могут при определенных доработках являться независимыми измерительными средствами, как например, ЭО ДУМК, ЭО ОПТИОС, ЭО ПЭМС-БПЛА, ЭО ПУМС-БПЛА, ЭО МОСГ/м, ЭО РГА/м.

В настоящее время региональные структуры МЧС РФ проявляют большую заинтересованность к ЭО ДУМК, ЭО ПЭМС-БПЛА и ЭО ПУМС-БПЛА, ЭО МОСГ/м, ЭО РГА/м, которые будут использоваться для оперативного мониторинга метеорологического и экологического состояния окружающей среды с целью прогнозирования возникновения опасных метеорологических явлений. К разработке ОЭ МОСГ/м проявляют интерес структуры Газпрома, поскольку прибор позволяет оперативно определять концентрацию отдельных молекулярных составляющих природного газа, транспортируемого по газопроводу.

При повышении чувствительности этот прибор позволит определять концентрацию загрязняющих газовых компонентов в атмосферном воздухе на уровне долей ПДК. Список загрязняющих молекулярных газовых компонентов может быть расширен.

Также отдельные составные части ИВС (ЭО ДУМК, ЭО ПЭМС-БПЛА, ЭО ОПТИОС) представляют значительный интерес для организаций, создающих новые системы метеорологического обеспечения аэродромов (гражданских и военных).

4. Результаты проекта должны обеспечить развитие материально-технической и информационной инфраструктуры в области метеорологического и экологического мониторинга для уменьшения отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду и повышения качества жизни населения.

Текущие результаты проекта

1-й этап. Выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему метеорологического и экологического мониторинга атмосферы за период 1999-2013 гг., в том числе обзор научных информационных источников (статьи в ведущих зарубежных и российских научных журналах, монографии и патенты. В результате проведенных теоретических исследований предложен прототип технического решения (технические принципы) технологии инструментального мезомасштабного мониторинга и прогнозирования состояния АПС. Проведены патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96, которые подтверждают научную значимость и прикладную перспективность проведенных теоретических исследований. Результаты включены в состав Промежуточного отчета о ПНИ за 2014 г. Разработан испытательный комплекс (ИК), предназначенный для проведения лабораторных испытаний составных частей ЭО ИВС: ЭО ДУМК, ЭО ПЭМС-БПЛА, ЭО ПУМС-БПЛА, ЭО МОСГ/м. В состав ИК входят нестандартное оборудование, изготовленное в рамках выполнения ПНИ, покупное оборудование и эталонные измерительные средства. Разработан комплект эскизной технической документации (ЭКД) на ИК – АМЯ2.779.001. Разработано и изготовлено нестандартное оборудование, входящее в состав ИК: Аэродинамическая труба (АТ) АМЯ 2303.01.000; Портативный комплекс для контроля функционирования ультразвуковых термоанемометров (ПККУТ) АМЯ5.173.072; Газовый пост для калибровки и испытаний многокомпонентных газоанализаторов (МГП) DFG2.779.000. Изготовление оборудования

подтверждено Актом изготовления ИК. Результаты включены в состав научно-технического отчета за внебюджетные средства (ВБС) за 2014 г.

2-й этап. Выполнена разработка методов определения метеорологических и экологических параметров АПС: а) типа стратификации и вертикальных профилей метеорологических характеристик; б) контактного определения вертикальных профилей метеорологических характеристик; в) контактного определения вертикальных профилей метеорологических и турбулентных характеристик; г) интегральных и структурных характеристик осадков (дождя, града); д) газовых загрязнений приземной атмосферы; е) содержания паров ртути в воздухе. Описания разработанных методов включены в состав Промежуточного отчета о ПНИ за 2-й этап (2015 г.).

Выполнены разработка, изготовление и лабораторные испытания ЭО ОПТИОС для технической реализации теневого метода определения интегральных и структурных характеристик осадков (дождя и града): а) комплект ЭКД – АМЯ2.839.000; б) изготовлено два ЭО (Акт изготовления); в) Программа и методики лабораторных испытаний – АМЯ2.839.000ПМ; г) проведены лабораторные испытания двух ЭО. Результаты испытаний отражены в Протоколах и Акте лабораторных испытаний двух экз. ЭО ОПТИОС, которые подтверждают выполнение требований ТЗ.

Выполнены разработка, изготовление и лабораторные испытания ЭО РГА/м для технической реализации метода определения концентрации паров ртути в атмосферном воздухе (на основе метода дифференциального поглощения с использованием поперечного эффекта Зеемана в источнике излучения – капиллярной лампе с естественным составом ртути): а) комплект ЭКД – АМЯ2.770.015; б) изготовлен ЭО (Акт изготовления зав. № 15.001); в) Программа и методики лабораторных испытаний – АМЯ2.770.015ПМ; г) проведены лабораторные испытания ЭО. Результаты испытаний отражены в Протоколе и Акте лабораторных испытаний ЭО РГА/м, которые подтверждают выполнение требований ТЗ.

Полученные результаты включены в состав Промежуточного отчета о ПНИ за 2-й этап (2015 г.).

3-й этап. Выполнены разработка, изготовление и лабораторные испытания ЭО ПЭМС-БПЛА для технической реализации метода контактного определения вертикальных профилей метеорологических характеристик АПС с использованием портативной автоматической электронной метеостанции, установленной на БПЛА типа гексакоптера: а) комплект ЭКД – АМЯ2.702.109; б) изготовлено два ЭО (Акт изготовления); в) Программа и методики лабораторных испытаний – АМЯ2.702.109ПМ; г) проведены лабораторные испытания двух ЭО. Результаты испытаний отражены в Протоколах и Акте лабораторных испытаний двух экз. ЭО ПЭМС-БПЛА, которые подтверждают выполнение требований ТЗ.

Выполнены разработка, изготовление и лабораторные испытания ЭО ПУМС-БПЛА для технической реализации метода контактного определения вертикальных профилей метеорологических и турбулентных характеристик АПС с использованием портативной автоматической ультразвуковой метеостанции, устанавливаемой на БПЛА типа привязного аэростата: а) комплект ЭКД – АМЯ2.702.108; б) изготовлено два ЭО (Акт изготовления); в)

Программа и методики лабораторных испытаний – АМЯ2.702.108ПМ; г) проведены лабораторные испытания двух ЭО. Результаты испытаний отражены в Протоколах и Акте лабораторных испытаний двух экз. ЭО ПУМС-БПЛА, которые подтверждают выполнение требований ТЗ.

Выполнены разработка, изготовление и лабораторные испытания ЭО ДУМК/с (стационарный многоуровневый ультразвуковой метеокомплекс, входящий в состав СТИК ИВС) и ЭО ДУМК/м (мобильный двухуровневый ультразвуковой метеокомплекс, входящий в состав МИК ИВС) для технической реализации метода определения типа стратификации и вертикальных профилей метеорологических характеристик АПС на основе теории подобия Монина-Обухова с использованием многоуровневых ультразвуковых метеостанций. Разработаны комплекты ЭКД на ЭО ДУМК/с – АМЯ2.702.110, и на ЭО ДУМК/м – АМЯ2.702.111. Изготовлено 4 экз. ЭО ДУМК/с и 1 экз. ЭО ДУМК/м. Разработаны Программы и методики лабораторных испытаний ЭО ДУМК/с и ЭО ДУМК/м – АМЯ2.702.110ПМ и АМЯ2.702.111ПМ. Проведены лабораторные испытания 4-х ЭО ДУМК/с и одного ЭО ДУМК/м. Результаты испытаний отражены в Протоколах и Акте лабораторных испытаний ЭО ДУМК/с и ЭО ДУМК/м, которые подтверждают выполнение требований ТЗ.

Полученные результаты будут включены в состав Промежуточного отчета о ПНИ за 3-й этап (2015 г.).

4. За истекший период с начала выполнения ПНИ поданы три заявки на изобретения и одна заявка на полезную модель, получено два положительных решения ФИПС на поданные заявки.

5. По результатам разработки ПНИ представлены доклады на конференциях и симпозиумах:

а) XX Международный симпозиум Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы. 23-27 июня 2014 г., г. Новосибирск (3 доклада: возможности определения газовых загрязнений газоанализатором на основе метода ДОАС; возможности лидарного газоанализа атмосферных загрязнителей; корреляционные свойства рядов метеовеличин по данным измерений на сети постов ультразвуковых АМС).

б) XXII Международная научная конференция "Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и на транспорте – 2014". 8-12 сентября 2014 г., г. Новороссийск (2 доклада: возможности увеличения чувствительности газоанализатора на основе метода СКР; вопросы повышения точности измерения размеров дождевых капель оптическим осадкомером).

в) Всероссийская акустическая конференция. 6-9 октября 2014 г., г. Москва (1 доклад: источники погрешностей измерения метеорологических величин ультразвуковой АМС и пути их минимизации).

г) Лазеры на парах металлов (ЛПМ-2014). 22-26 сентября 2014 г., Лоо, Краснодарский край (1 доклад – особенности работы ртутной лампы с естественным составом ртути в ртутном газоанализаторе).

д) XXI Международный симпозиум Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы. 22-26 июня 2015 г., г. Томск (6 докладов: результаты трассовых измерений атмосферных загрязнений методом ДОАС; возможности использования СКР-газоанализатора для контроля газовых загрязнений атмосферы; переносной анализатор паров ртути на основе лампы с

естественным изотопным составом; особенности измерения оптическим осадкомером частиц града; методология мониторинга температурно-ветровой стратификации в АПС на основе многоуровневых измерений ультразвуковыми АМС; пилотный проект ИВС для мезомасштабного мониторинга АПС).

е) Международный военно-технический форум "АРМИЯ-2015" 16-19 июня 2015 г., г. Кубинка, Московской обл. Круглый стол "Арктика. Человек и стихия. Гидрометеорологические аспекты деятельности в Арктическом регионе" (доклад "Автономный автоматический метеорологический комплекс для Арктики").

ж) XXIII Международная научная конференция "Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и на транспорте - 2015". 7-11 сентября 2015 г., г. Новороссийск (2 доклада: разработка ИВС для мезомасштабного мониторинга АПС; новая модификация анализатора паров ртути РГА/м).

з) XI Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу (Всероссийская конференция), 21-23 сентября 2015 г., г. Томск (1 доклад - описание ИВС для мезомасштабного мониторинга АПС).

и) III Всероссийская научно-практическая конференция "Академические Жуковские чтения", 25-26 ноября 2015 г., г. Воронеж (1 доклад - характеристики измерительных комплексов для определения вертикальных профилей метеорологических величин в атмосферном пограничном слое).

б. Прототипы экспериментальных образцов составных частей разрабатываемой ИВС и ряд изготовленных ЭО демонстрировались на международных выставках:

а) Международная выставка METEOREX-2014 (Россия, г. Санкт-Петербург, 7-9 июля 2014 г.) представлены: метеокомплекс АМК-03 и макет оптического осадкомера (натурные образцы).

б) 6-я Международная промышленная выставка EXPO-RUSSIA KAZAKHSTAN (Алматы, Республика Казахстан, 10-12 июня 2015 г.) на стенде СО РАН представлены: планшеты по использованию метеокомплекса АМК-03 и оптического осадкомера в метеорологических исследованиях АПС и макет (1:42) прототипа мобильного измерительного комплекса (МИК) на а/м "Соболь".

в) Международный военно-технический форум "АРМИЯ-2015" (Россия, г. Кубинка Московской обл., 16-19 июня 2015 г.) на объединенном стенде Сибирского отделения РАН ИМКЭС СО РАН представил 5 натуральных экспонатов (прототип МИК на а/м "Соболь"; прототип ЭО ОПТИОС, прототип ПЭМС-БПЛА (на гексакоптере); переносной метеокомплекс АМК-03П; портативный комплекс для контроля ультразвуковых термоанемометров - ПККУТ).

7. В 2014 г. в Proceedings of SPIE, 2014, Vol. 9292, USA, (база данных Web of Science) опубликовано три статьи.

В 2015 г. опубликовано: 1 статья в журнале Метеорология и гидрология, 2015, № 10, с. 85-95, Россия (английская версия: Russian Meteorology and Hydrology, 2015. V. 40. No 10. База данных Scopus) и 6 статей в Proceedings of SPIE, 2014, Vol. 9680, USA, (база данных Web of Science).