

---

---

**КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ,  
СИСТЕМЫ И ПРОГРАММЫ ИЗК**

---

---

## **ПРИБОРНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ НАДВОДНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ И АТМОСФЕРЫ**

© 2020 г. А. В. Кузьмин<sup>а</sup> \*, И. Н. Садовский<sup>а</sup>, А. А. Горшков<sup>а</sup>, Д. М. Ермаков<sup>б</sup>

<sup>а</sup>Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

<sup>б</sup>Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Фрязинский филиал,  
Фрязино, Россия

\*e-mail: alexey.kuzmin@asp.iki.rssi.ru

Поступила в редакцию 11.10.2019 г.

В работе описана автоматизированная приборная платформа, предназначенная под установку средств дистанционного зондирования для проведения измерений, в том числе подспутниковых, со стационарных береговых постаментов или морских платформ с дистанционным управлением и передачей информации по сети интернет. Платформа имеет конструкцию турели, способной вращаться вокруг закрепленного основания в диапазоне азимутальных углов до 300 град. На правую и левую консоли турели крепятся научные приборы. Каждая консоль может либо независимо, либо синхронно с другой вращаться по углу места на величину до 200 град. Конструкция консолей позволяет быстро крепить приборы и менять их расположение. Кабели, питающие приборы и снимающие информацию, проходят через полые трубы редукторов, на которых держатся консоли, внутри платформы таким образом, что при вращении они не мешают движению и не перетираются. Платформа крепится на роликовых подшипниках на рельсы, по которым она выдвигается над водной поверхностью для проведения измерений. Управление вращением платформы осуществляется как в ручном, так и в автоматическом режиме с помощью компьютера по интерфейсу RS-485, питание осуществляется от сети +27 В. Реализована возможность дистанционного управления платформой и сбора научной информации через сеть интернет. Приводятся примеры организации автономных измерений параметров водной поверхности и атмосферы в экспериментах на Черноморском гидрофизическом полигоне РАН, который является единственным местом в РФ для калибровки и валидации микроволновых спутниковых систем.

*Ключевые слова:* пассивная радиополяриметрия, устройство автоматизации измерений, надводные эксперименты, подспутниковые измерения, дистанционное зондирование, спутниковое микроволновое зондирование

**DOI:** 10.31857/S0205961420010054

### **ВВЕДЕНИЕ**

Исследование процессов взаимодействия океана и атмосферы, состояния водной поверхности и параметров атмосферы является очень важным направлением фундаментальных и прикладных наук о Земле. Применение для этих целей средств дистанционного зондирования позволяет проводить эти исследования на разных уровнях по высоте и с разным пространственным и временным усреднением данных. Одним из уровней проведения исследований взаимодействия океана и атмосферы являются стационарные морские платформы и береговые постаменты (Трохимовский и др., 2002; Булатов и др., 2003; Кузьмин и др., 2009; Pospelov et al., 2008). В этот ряд можно добавить большие заглубляемые океанические буи и, например, переворачиваемое исследовательское судно США FLIP (Floating Instrument Platform) (Bullard, Smith, 1996), на которые волнение не

оказывает заметного влияния. На этом уровне проводятся контактные и дистанционные исследования с малым пространственным усреднением, по сути, в одной точке, но с усреднением по времени, меняющимся в широких пределах (от нескольких секунд до суток и даже месяцев). Здесь очень удобно выявлять взаимосвязь различных параметров исследуемой системы (в частности, системы “океан–атмосфера”) и отрабатывать методики дистанционного зондирования, основанные не столько на статистических зависимостях, сколько на физическом характере взаимодействия. Это удобство связано с тем, что можно с помощью большого арсенала контактных датчиков и дистанционных средств с высокой точностью контролировать все интересующие исследователя параметры окружающей среды. Еще одним очень важным направлением надводных измерений являются подспутниковые

эксперименты для проведения калибровок и валидации данных дистанционного зондирования Земли из космоса (Волкова и Успенский, 2015; Бондур и др., 2016).

Для проведения дистанционных надводных исследований часто возникает необходимость непрерывных наблюдений за морской поверхностью и приповерхностным слоем атмосферы под различными вертикальными углами, в различных азимутальных направлениях, с варьируемой скоростью в соответствии с заранее определенной программой измерений, проведения периодических калибровок. Помимо этого, в комплексных экспериментах необходимо совмещение полей зрения нескольких приборов, таких как микроволновые или ИК-радиометры, скаттерометры, радары, различные средства фото- и видеофиксации объекта наблюдения.

Для решения задачи автоматизации подобных измерений, в 1997 г. сотрудниками ИКИ РАН была разработана приборная платформа “Траверс-1” (Kuzmin and Pospelov, 2005; Садовский и др., 2009). Эта платформа была изготовлена из простых подручных материалов, она довольно сложна при установке и эксплуатации. Между тем, эта платформа прослужила более десяти сезонов в экспериментальных работах на Черном море. Целью разработки новой платформы “Траверс-2” стало создание новой конструкции, учитывающей опыт эксплуатации “Траверс-1”, более надежной и легкой, обеспечивающей возможность длительных натурных измерений в сложных метеорологических условиях.

Платформа “Траверс-2”, спроектированная и изготовленная в 2015 г., предназначена для установки различных средств дистанционного зондирования с целью проведения автономных, автоматизированных измерений со стационарных береговых постаментов или морских платформ. Она успешно используется для проведения широкого круга исследований поверхности моря и атмосферы с помощью комплекса микроволновых радиометрических приемников.

При разработке платформы “Траверс-2” были предложены следующие вводные условия, которые были выявлены при экспериментальных работах с комплексом радиометрической аппаратуры на платформе “Траверс-1”. Диапазон азимутальных углов вращения должен быть не менее 300 град. Скорость вращения по азимуту – постоянная, с возможностью регулировки в пределах 0.5–5 град/с. Точность определения угла по азимуту должна составлять не менее 0.1 град. В угломестной плоскости конструкция должна обеспечивать углы наблюдения от надира до зенита (диапазон 180 град). Скорость вращения в угломестной плоскости – постоянная, с возможностью регулировки в пределах 0.5–5 град/с. Точ-

ность определения вертикального угла должна составлять не менее 0.1 град. Приборная нагрузка платформы должна составлять не менее 30 кг, при этом крепление приборов должно быть универсальным и быстроразъемным. Конструкция платформы при установленном оборудовании должна сохранять требования по стабильности вращения и точности позиционирования при ветровых нагрузках до 30 м/с. Конструкция должна предусматривать транспортировку в таре размером не более 600 × 600 × 450 мм, вес платформы не должен превышать 50 кг. Платформа должна быстро устанавливаться в рабочее положение, быть ремонтпригодной и обеспечивать возможность ремонта устанавливаемой аппаратуры без ее демонтажа. Приборная платформа должна управляться в ручном (посредством команд оператора) и автоматическом режимах, иметь возможность сбора данных аналоговых датчиков для передачи их на регистрирующий компьютер. Питание привода должно осуществляться от сети +27 В.

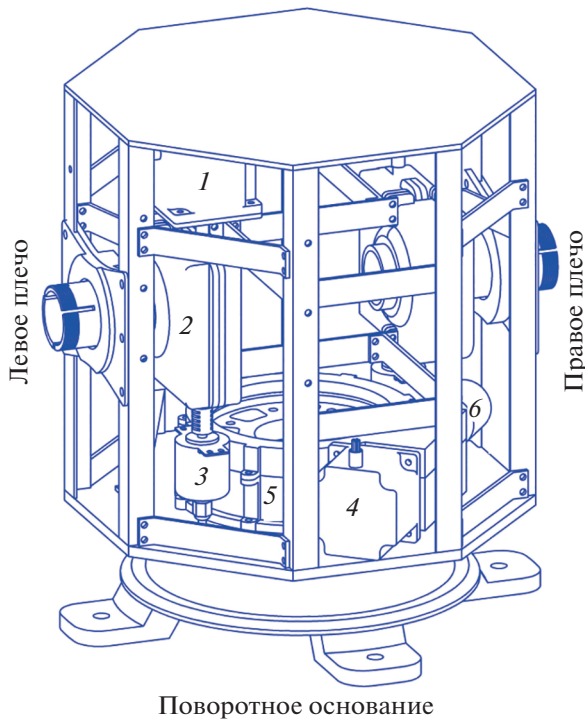
## КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Конструкция приборной поворотной платформы представляет собой турель, которая расположена на поворотном основании. По бокам платформы размещены консоли для крепления научного оборудования. 3D-модель сканирующей платформы “Траверс-2” представлена на рис. 1.

Скорость вращения и точность выставления угла по всем трем осям вращения обеспечивается тремя шаговыми двигателями FL86STH65-2808A, управляемыми драйверами шаговых двигателей G201X, которые обеспечивают деление шага двигателя на 10.

Вращение от двигателя на оси передается с помощью редукторов. Для вращения по азимуту используется эвольвентный червячный редуктор с числом зубьев 120 и передаточным числом 60. Для вращения по углу места правой и левой консолей использовались идентичные эвольвентные червячные редукторы с числом зубьев 40 и передаточным числом 20. С учетом величины шага двигателя 1.8 град, деления шага драйвером и понижением редуктора в азимутальном направлении шаг равен 0.003 град, а в угломестном направлении – 0.009 град. Такая малая величина шага обеспечивает большой диапазон скоростей вращения: от очень низких до 6 град/с по азимуту и до 18 град/с по углу места. Правое и левое плечи турели вращаются независимо, однако программно могут работать синхронно.

В качестве осей вращения консолей выбраны полые трубы диаметром 5 см для того, чтобы обеспечить надежную подводку питающих и информационных кабелей к научным приборам.



**Рис. 1.** 3D-модель платформы “Траверс-2” (1 – двигатель левого плеча, 2 – редуктор левого плеча, 3 – датчик угла левого плеча, 4 – двигатель вращения по азимуту, 5 – редуктор, 6 – датчик угла вращения по азимуту).

Поворотное основание соединяется с верхней частью платформы также полой трубой диаметром 10 см (для исключения чрезмерного скручивания подводящих кабелей), закрепленной в радиально-упорных подшипниках по оси симметрии всей конструкции. Использование радиально-упорных подшипников обеспечивает возможность “перевернутого” варианта установки платформы при необходимости.

Все элементы платформы для облегчения конструкции выполнены из алюминия марки АМг-6. Исключение составляют оси вращения, изготовленные из стальных труб соответствующего диаметра, и червячные пары редукторов.

Управление вращением платформы осуществляется от персонального компьютера. В качестве управляющего модуля используется разработанная плата на основе микроконтроллера ATmega128-16AU, расположенная внутри платформы. Для связи между компьютером и управляющей платой используется помехоустойчивый четырехпроводной интерфейс RS-485. Контроль углов вращения реализуется с использованием энкодеров серии EP50S8, а пределы вращения для каждого редуктора ограничиваются оптическими датчиками. Рабочее питание на модуль управления и двигатели составляет +27 В. При начальной инициализации программы управления платформой происходит



**Рис. 2.** Гидрофизическая платформа ЧГП РАН. Вид с восточной стороны.

калибровка углов от минимального до максимального по всем осям вращения.

Внутреннее пространство турели защищено от внешнего атмосферного воздействия (ветер, туман, дождь и т.п.) защитным кожухом, представляющим собой набор формованных алюминиевых листов. Здесь располагаются необходимые кроссировочные платы, блоки питания, система сбора аналоговых сигналов Lcard.

Все заявленные при проектировании платформы “Траверс-2” требования были выполнены.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ГИДРОФИЗИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ РАН

Платформа “Траверс-2” прошла первые успешные испытания в рамках натурного эксперимента в сентябре–октябре 2016 г. Эксперимент проводился на морской гидрофизической платформе (рис. 2) Черноморского гидрофизического полигона РАН (ЧГП РАН), расположенной в Голубой бухте Черного моря (южная оконечность полуострова Крым, пос. Качивели).

В задачи экспериментальных работ входило исследование гравитационно-капиллярного волнения (ГКВ) и температурно-влажностных характеристик пограничного слоя атмосферы в различных метеоусловиях. Также в этих экспериментах отработывался новый метод дифференциальных измерений влажности тропосферы в полосе поглощения водяного пара с центром 22.235 ГГц, предложенный в работах (Стерлядкин, Шарков, 2014; Стерлядкин и др., 2017а, б) для космического эксперимента “Конвергенция” на РС МКС (Шарков и др., 2018).

**Таблица 1.** Комплекс радиометрической аппаратуры (Г – горизонтальная поляризация, В – вертикальная поляризация)

Прибор	Длина волн	Поляризация	Ширина луча, град	Чувствительность, К
1. Р-03	3 мм	Г	9	0.15
2. Р-05	5 мм	Г	7	0.08
3. Р08П1	8 мм	В, Г, $\pm 45^\circ$	9	0.1
4. Р08П2	8 мм	В, Г, $\pm 45^\circ$	9	0.1
5. Р-ИК	8–12 мкм	–	1	0.1
6. Радиометр-спектрометр ИРЭ РАН	11–16 мм	В	5	0.05

Комплекс радиометрической аппаратуры, который был установлен на поворотную платформу “Траверс-2”, представлен в табл. 1. В комплекс входили пять радиометров, разработанных в ИКИ РАН, и один радиометр-спектрометр, разработанный Специальным конструкторским бюро Института радиотехники и электроники РАН (ИРЭ РАН) (Смирнов и др., 2017). В табл. 1 представлены основные параметры радиометров. Вместе с радиометрами на одну из консолей крепилась веб-камера, поле зрения которой совпадало с направлением визирования радиометров. Суммарная нагрузка на оба плеча платформы составляла порядка 60 кг.

Поворотная платформа “Траверс-2” была установлена на юго-западном углу верхней палубы гидрофизической платформы на высоте 16 м над уровнем моря. Поворотное основание платформы фиксировалась на специально спроектированных и изготовленных направляющих рельсах таким образом, что обеспечивалась возможность выдвижения поворотной платформы в рабочее положение для минимизации влияния конструк-

ций гидрофизической платформы на результаты измерений и перемещения ее ближе к палубе, когда требовались установочные или ремонтные работы.

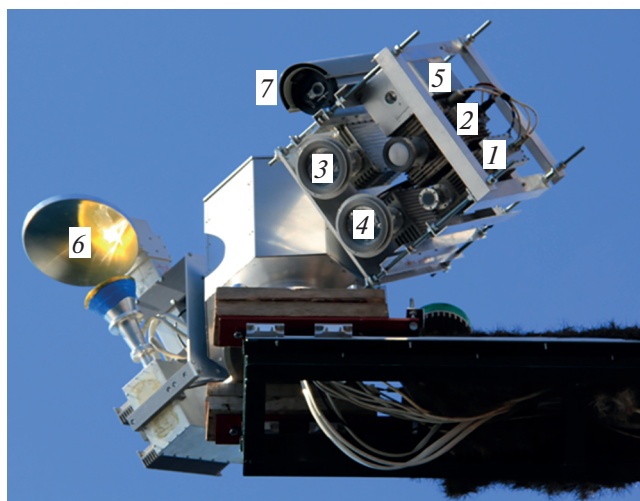
Измерения проводились круглосуточно, на протяжении всего эксперимента (порядка 20 дней), с перерывами на технологическое обслуживание платформы и научного оборудования, которое включало проверку жесткости крепления узлов и модулей, целостности питающих и информационных кабелей, очистку радиаторов и раскрывов приемных антенн от соли и окислов и т.п.

Управление платформой осуществлялось с персонального компьютера по интерфейсу RS-485 с помощью специально разработанной программы, внешний вид рабочего окна которой представлен на рис. 4. При проведении измерений на экране оператору доступны пять основных областей (нумерация соответствует обозначениям на рис. 4).

1 – область графического отображения выбранного сценария управления платформой и состава измерительного оборудования. Интуитивно понятный интерфейс позволяет изменять состав научного оборудования удалением/добавлением соответствующих модулей. При этом может быть выбран как тип принимаемого сигнала (аналоговый/цифровой), так и при необходимости требуемый способ первичной обработки данных за счет установления связей (прямые линии на рис. 4) между соответствующими блоками. О корректности работы системы после внесения изменений свидетельствуют зеленые маячки-индикаторы, отображающиеся в случае бесперебойной работы;

2 – область контроля загрузки необходимых драйверов и модулей для выбранного сценария. Отображает степень и успешность загрузки файлов, требующихся для обеспечения работы выбранного сочетания научного оборудования и вариантов первичной обработки данных;

3 – область оповещения о сбоях в работе платформы. Содержит информацию о возникающих сбоях, их критичности и успешности автономного решения возникающих проблем;



**Рис. 3.** Расположение приборов, установленных на поворотной платформе “Траверс-2” (соответствует нумерации табл. 1). Номер 7 указывает на веб-камеру.

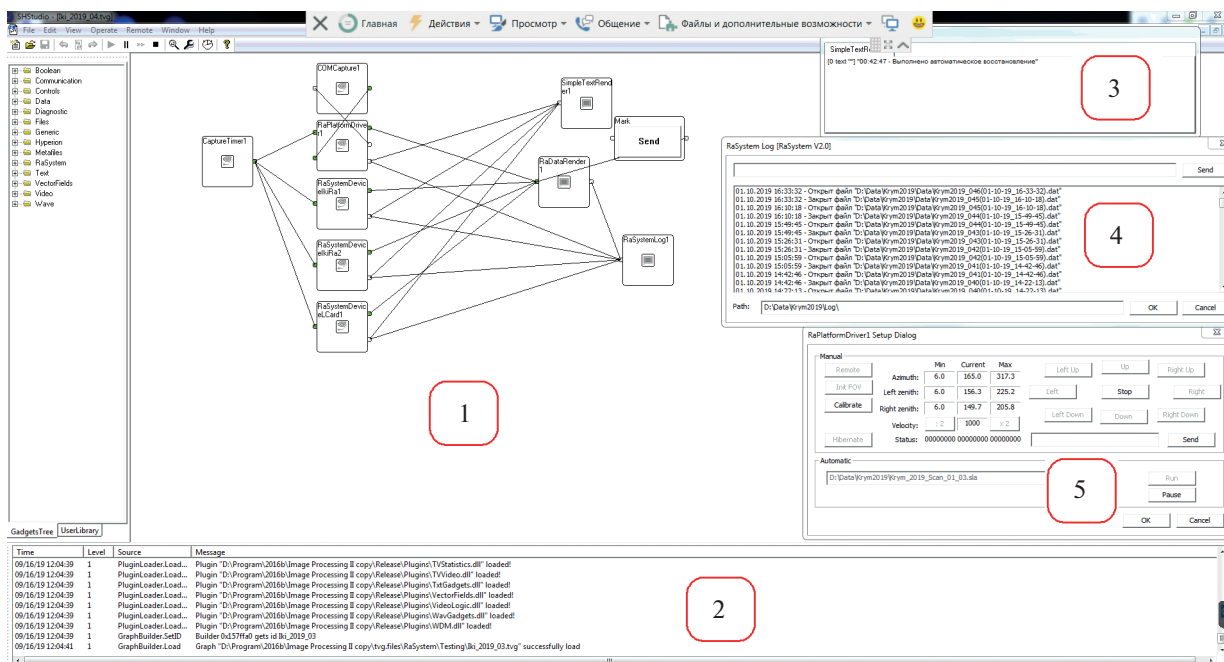


Рис. 4. Рабочее окно среды Stream Handler, исполняющей программу дистанционного управления платформой “Траверс-2”. Пояснения даны в тексте.

4 – область контроля записи информации, поступающей с измерительного оборудования. Отображает открытие/закрытие файлов записи данных в соответствии с выбранным критерием (время записи, объем файла, метка в программе сканирования);

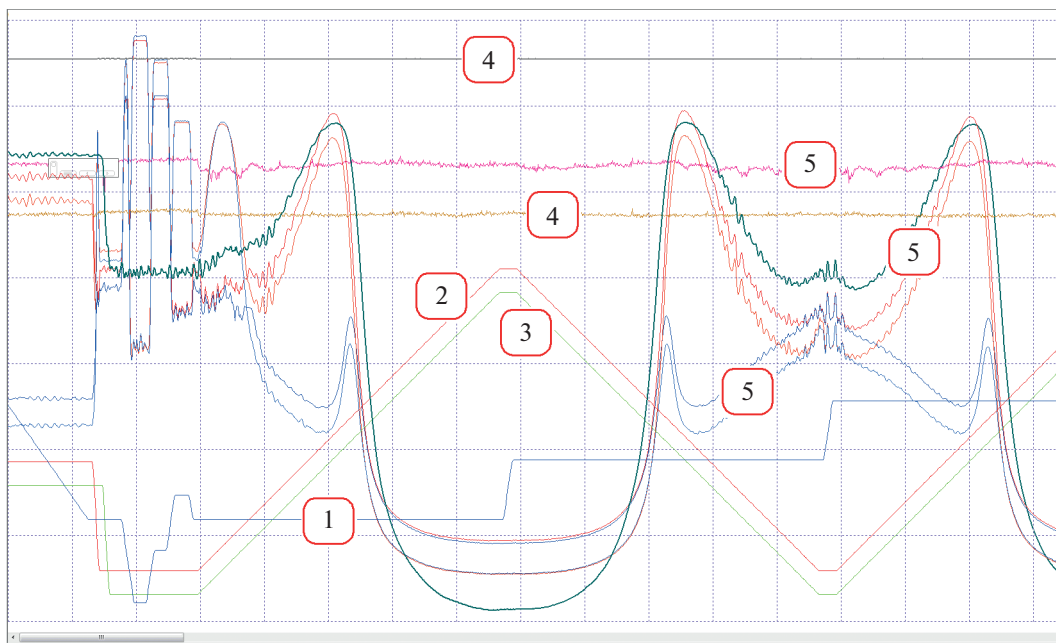
5 – область контроля за текущим состоянием платформы и выполнением заданного алгоритма сканирования. Отображает текущие значения углов поворота по азимуту и углу места (для левой и правой панелей), а также максимальные и минимальные их значения, полученные в результате первичной калибровки. При переходе в режим ручного управления становятся активными кнопки, позволяющие оператору управлять положением платформы и скоростью выполнения этих операций. Для перехода в режим автоматического сканирования требуется подготовка соответствующего текстового файла, содержащего ряд требуемых операций (с использованием стандартных слов-операторов), с последующей его загрузкой в память программы управления.

Для визуального контроля информации, поступающей с научного оборудования, предусмотрено отдельное окно, внешний вид которого представлен на рис. 5. Информация на нем обновляется по мере поступления (в рамках описываемых исследований с частотой 3 Гц), кроме того, имеется возможность просмотра всего объема накопленных данных в пределах одного файла. Для удобства восприятия можно устанавливать вертикальный масштаб для каждого информаци-

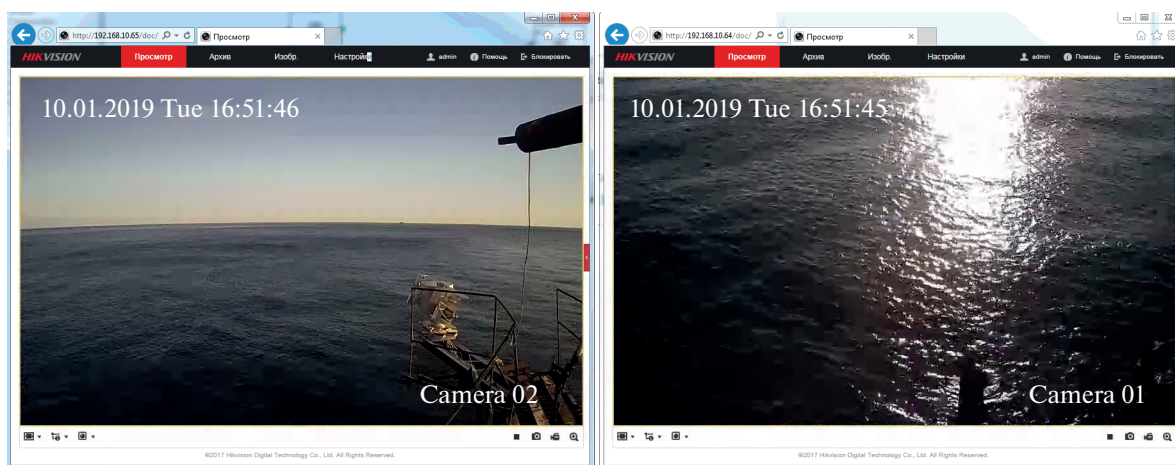
онного канала, цвет и тип линий. На представленном изображении: цифры 1, 2 и 3 соответствуют служебной информации о текущей ориентации платформы (значение азимутального угла и углов от надира левого и правого плеч); 4 – данные контактных измерений (в том числе температуры воды и воздуха), поступающие в аналоговом виде с последующей оцифровкой; 5 – данные дистанционных радиополяриметрических измерений (на разных частотах и поляризациях).

Программная реализация была осуществлена на базе интегрированной среды разработки приложений для обработки и анализа потоковых данных EZ-Vizi/Stream Handler (<https://www.thefilex.com/measurements>), имеющей бесплатную версию для некоммерческих образовательных и исследовательских проектов. Подробные описания примеров использования возможностей технологии Stream Handler можно найти в работах (Ермаков и др., 2013; Ermakov et al., 2011).

Многолетний опыт организации экспедиционных работ на гидрофизической платформе, проводимых с участием авторов данной публикации, выявил острую необходимость организации дистанционного управления научным оборудованием. Последнее объясняется тем, что с точки зрения проводимых исследований наибольший интерес представляют случаи умеренных и сильных ветров (от 5 м/с до штормовых значений), когда длительность ветрового воздействия превышает 3–5 ч (при этом поверхностное волнение можно, хоть и приближенно, считать развитым). В дан-



**Рис. 5.** Окно визуализации информации, поступающей с научной аппаратуры, установленной на платформе “Траверс-2”. Пояснения даны в тексте.



**Рис. 6.** Изображение с веб-камер, контролирующей работу платформы “Траверс-2”. Слева – камера общего вида, позволяющая проводить визуальную оценку состояния водной поверхности и атмосферы (наличие облачности и осадков), а также следить за вращением платформы. Справа – камера, установленная на левом плече платформы (№ 7 на рис. 3), позволяющая отслеживать направление визирования приборов.

ной ситуации единственный способ сообщения с платформой – катером по морю, нарушается, равно как и возможность управления ходом реализации всех экспериментальных работ. В связи с этим в рамках экспериментальных работ 2018 и 2019 гг. был проведен ряд мероприятий по переводу платформы “Траверс-2” на дистанционный вариант управления. Так, объединение экспедиционного оборудования в локальную сеть с внешним каналом связи по линии Wi-Fi совместно с применением высокочастотных источников беспере-

бойного питания и системы внешнего наблюдения (рис. 6) позволило организовать автономную работу оборудования в 2018 г. в течение 20 дней. При этом контроль за работой всего комплекса осуществлялся с берега при условии расположения управляющего компьютера в пределах прямой видимости платформы и расстоянии, не превышающем 700 м.

В 2019 г., следуя идее обеспечения непрерывных круглогодичных и всепогодных измерений, был осуществлен переход на внешний канал свя-

зи на базе 4G-модема. Это позволило с помощью trial-версии программы TeamViewer управлять работой экспедиционного оборудования через интернет. На момент написания данной статьи оборудование, установленное на платформе “Траверс-2”, успешно функционирует на морской гидрофизической платформе ЧГП РАН, а оперативное управление и прием научной информации могут быть осуществлены из любой точки планеты, где имеется точка доступа в интернет, с помощью любого типа мобильных средств связи.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе дано описание приборной платформы, предназначенной для установки различных средств дистанционного зондирования с целью проведения автономных, автоматизированных измерений со стационарных береговых постаментов или морских платформ. Конструкция платформы представляет собой турель, основание которой имеет возможность поворачиваться по азимуту в диапазоне углов 300 град. Боковые консоли турели используются для установки научного оборудования и могут поворачиваться по углу места на величину до 200 град. Управление платформой осуществляется как в ручном, так и в автоматическом режиме с помощью компьютера по интерфейсу RS-485, питание осуществляется от сети +27 В. Максимальная полезная нагрузка составляет 30 кг на каждое плечо.

Отлажен дистанционный метод управления и сбора данных с надводной платформы “Траверс-2” через интернет, что позволяет использовать предложенный вариант конструкции при проведении автономных измерений на труднодоступных и, в общем случае, изолированных океанографических платформах со сложными погодными условиями. Платформа “Траверс-2” прошла успешные испытания в экспедиционных работах 2016, 2018 и 2019 гг. на гидрофизической платформе Черноморского гидрофизического полигона РАН и в серии лабораторных экспериментов в ИКИ РАН и ИРЭ РАН. Работы с использованием надводной платформы “Траверс-2” показали ее хорошие качества для применения в наземно-дистанционных и подспутниковых радиофизических экспериментах, а установка на гидрофизической платформе ЧГП РАН позволит превратить данный полигон в единственное в России место для калибровки и валидации микроволновым спутниковых систем и изучения океанической поверхности и системы “океан–атмосфера”.

### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при поддержке темы “Мониторинг” (Государственное задание № 01.20.0.2.00164) и РФФИ (проект № 18-02-01009).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бондур В.Г., Дулов В.А., Мурынин А.Б., Юровский Ю.Ю. Исследование спектров морского волнения в широком диапазоне длин волн по спутниковым и контактным данным // Исслед. Земли из космоса. 2016. № 1–2. С. 7–24.
- Булатов М.Г., Кравцов Ю.А., Кузьмин А.В., Лаврова О.Ю., Митягина М.И., Раев М.Д., Скворцов Е.И. Микроволновые исследования морской поверхности в прибрежной зоне (Геленджик 1999–2000). М.: КДУ, 2003. 143 с.
- Волкова Е.В., Успенский А.Б. Оценки параметров облачного покрова и осадков по данным сканирующих радиометров полярно-орбитальных и геостационарных метеоспутников // Исслед. Земли из космоса. 2015. № 5. С. 30–43.
- Ермаков Д.М., Емельянов К.С., Саворский В.П., Чернушич А.П. Реализация событийно управляемой архитектуры быстрого коллективного доступа к информационным ресурсам ДЗЗ на базе технологии Stream Handler // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 4. С. 118–126.
- Кузьмин А.В., Горячкин Ю.А., Ермаков Д.М., Ермаков С.А., Комарова Н.Ю., Кузнецов А.С., Репина И.А., Садовский И.Н., Смирнов М.Т., Шарков Е.А., Чухарев А.М. Морская гидрографическая платформа “Кацивели” как подспутниковый полигон на Черном море // Исслед. Земли из космоса. 2009. № 1. С. 31–44.
- Садовский И.Н., Кузьмин А.В., Поспелов М.Н. Исследование параметров спектра ветрового волнения по данным дистанционных радиополяриметрических измерений // Исслед. Земли из космоса. 2009. № 1. С. 3–10.
- Смирнов М.Т., Саворский В.П., Маречек С.В., Турьгин С.Ю. Спектральные измерения нисходящего радиотеплового излучения атмосферы в диапазоне 18–27 ГГц // 7-е Всероссийские Армандовские чтения: Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн: материалы Всероссийской науч. конф. 2017. С. 175–179.
- Стерлядкин В.В., Пашинов Е.В., Кузьмин А.В., Шарков Е.А. (2017а) Дифференциальные радиотепловые методы восстановления профиля влажности атмосферы с борта космических аппаратов // Исслед. Земли из космоса. 2017. № 2. С. 64–76.
- Стерлядкин В.В., Пашинов Е.В., Кузьмин А.В., Шарков Е.А. (2017б) Влияние подстилающей поверхности на точность дифференциальных радиометрических измерений профиля водяного пара в нижней тропосфере со спутников // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 5. С. 268–277.
- Трохимовский Ю.Г., Кузьмин А.В., Маречек С.В., Медведев А.П., Поспелов М.Н., Смирнов М.Т., Тищенко Ю.Т. “Исследования радиояркостной температуры взволнованной поверхности моря в эксперименте “Геленджик’99”” // Исслед. Земли из космоса. № 3. С. 20–28. 2002.
- Шарков Е.А., Кузьмин А.В., Веденькин Н.Н., Jeong S., Ермаков Д.М., Квитка В.Е., Козлова Т.О., Комарова Н.Ю., Минаев П.Ю., Park П.Н., Пашинов Е.В., Позаненко А.С., Прасолов В.О., Садовский И.Н., Сазонов Д.С., Стерлядкин В.В., Хапин Ю.Б., Hong G., Черненко А.М. Космиче-

ский эксперимент “Конвергенция”: научные задачи, бортовая аппаратура, методики решения обратных задач // Исслед. Земли из космоса. 2018. № 4. С. 71–96.

*Bullard G.T., Smith J.A.* Directional spreading of growing surface waves / The air-sea interface: radio and acoustic sensing, turbulence and wave dynamics / eds. M.A. Donelan, W.H. Hui, W.J. Plant. The Rosenstiel Scholl of Marine and Atmospheric Science. 1996. P. 311–319.

*Ermakov D., Chernushich A., Sharkov E., Shramkov Ya.* Stream Handler system: an experience of application to investigation of global tropical cyclogenesis // Proc. 34th Intern. Symp. Remote Sensing of Environment. Sydney, 10–15 April, 2011. URL: <http://www.isprs.org/proceedings/2011/ISRSE-34/211104015Final00456.pdf>.

*Kuzmin A.V., Pospelov M.N.* Retrieval of Gravity-Capillary Spectrum Parameters by Means of Microwave Radiometric Techniques // IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing. 2005. 43. № 5. P. 983–989.

*Pospelov M.N., Goryachkin Yu.N., Komarova N.Y., Kuzmin A.V., Kuznetsov A.S., Pampaloni P., Repina I.A., Smirnov M.T., Zecchetto S.* Air-Sea Interaction Monitoring by Remote and Contact Measurements: The Results of the CAPMOS'05 and CAPMOS'07 Experiments on an Oceanographic Platform in the Black Sea // Proc. Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment (Microrad) 2008. Firenze, Italy. 2008. <https://doi.org/10.1109/MICRAD.2008.4579508>

## Instrumental Platform for Overhead Measurements of the Sea Surface and Atmosphere

A. V. Kuzmin<sup>1</sup>, I. N. Sadovskii<sup>1</sup>, A. A. Gorshkov<sup>1</sup>, and D. M. Ermakov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Space Research Institute RAS, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Kotel'nikov Institute of Radio Engineering and Electronics of RAS, Fryazino branch, Fryazino, Moscow region, Russia

The paper describes an automated instrument platform designed for the installation of remote sensing instruments for measurements, including sub-satellite ones, from stationary coastal pedestals or offshore platforms with remote control and information transfer via the Internet. The platform has a turret design that can rotate around a fixed base in the range of azimuthal angles up to 300 degrees. Scientific instruments are mounted on the right and left consoles of the turret. Each console can either independently or synchronously with the other rotate in elevation up to 200 degrees. The design of the consoles allows you to quickly mount devices and change their location. Cables supplying devices and taking information pass through the hollow pipes of the gearboxes on which the consoles are held, inside the platform in such a way that during rotation they do not interfere with the movement and are not frayed. The platform is mounted on roller bearings on rails, along which it extends above the water surface for measurements. The rotation of the platform is controlled both manually and automatically using a computer via the RS-485 interface, power is supplied from the +27 V network. The platform can be remotely controlled and scientific information collected via the Internet. Examples of organizing autonomous measurements of water surface and atmosphere parameters in experiments at the Black Sea Hydrophysical Proving Ground of the Russian Academy of Sciences, which is the only place in the Russian Federation for the calibration and validation of microwave satellite systems, are given.

*Keywords:* passive radio polarimetry, measurement automation device, surface experiments, sub-satellite measurements, remote sensing, satellite microwave remote sensing

### REFERENCES

*Bondur V.G., Dulov V.A., Murynin A.B., Yurovsky Yu. Yu.* Issledovaniye spektrov morskogo volneniya v shirokom diapazone dlin voln po sputnikovym i kontaktym dannym // Issledovaniye Zemli iz kosmosa. [A study of sea-wave spectra in a wide wavelength range from satellite and in-situ data] Issledovanie Zemli iz kosmosa. 2016. № 1–2. P. 7–24.

*Bulatov M.G., Kravtsov Yu.A., Kuzmin A.V., Lavrova O. Yu., Mityagina M.I., Raev M.D., Skvortsov E.I.* Mikrovolnovye issledovaniya morskoi poverkhnosti v pribrezhnoi zone “Gelendzhik 1999–2002” [Microwave studies of the sea surface in the coastal zone “Gelendzhik 1999–2002”]. Moscow: KDU, 2003. 143 p.

*Bullard G.T., Smith J.A.* Directional spreading of growing surface waves. The air-sea interface: radio and acoustic sensing, turbulence and wave dynamics, M.A. Donelan, W.H. Hui, W.J. Plant (eds). The Rosenstiel Scholl of Marine and Atmospheric Science, 1996. P. 311–319.

*Ermakov D., Chernushich A., Sharkov E., Shramkov Ya.* Stream Handler system: an experience of application to investigation of global tropical cyclogenesis, Proc. 34th Intern. Sym. Remote Sensing of Environment, Sydney, 10–15 April, 2011, <http://www.isprs.org/proceedings/2011/ISRSE-34/211104015Final00456.pdf>.

*Ermakov D.M., Emelyanov K.S., Savorsky V.P., Chernushich A.P.* Realizatsiya sobytiyno upravlyayemoy arkhitektury bystrogo kollektivnogo dostupa k informatsionnym resursam DZZ na baze tekhnologii Stream Handler [Implementation of an event-driven architecture for fast collective access to remote sensing information resources based on Stream Handler technology]. Sovremennye problemy dstantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2013. V. 10. № 4. P. 118–126.

*Kuzmin A.V., Goryachkin Yu.A., Ermakov D.M., Ermakov S.A., Komarova N.Yu., Kuznetsov A.S., Repina I.A., Sadovskii I.N., Smirnov M.T., Sharkov E.A., Chukharev A.M.* Morskaya gidrofizicheskaya platforma “Katsiveli” kak podspu-



- nikovyi poligon na Chernom more [Marine Hydrophysical platform “Katsiveli” as a sub-satellite test site on the Black Sea]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2009. № 1. P. 31–44.
- Kuzmin A.V., Pospelov M.N.* Retrieval of Gravity-Capillary Spectrum Parameters by Means of Microwave Radiometric Techniques // *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*. 2005. V. 43. № 5. P. 983–989.
- Pospelov M.N., Goryachkin Yu.N., Komarova N.Y., Kuzmin A.V., Kuznetsov A.S., Pampaloni P., Repina I.A., Smirnov M.T., Zecchetto S.* Air-Sea Interaction Monitoring by Remote and Contact Measurements: The Results of the CAPMOS’05 and CAPMOS’07 Experiments on an Oceanographic Platform in the Black Sea, *Proc. Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment (Microrad’2008)*, Firenze, Italy, 2008, doi: 10.1109/MICRAD.2008.4579508
- Sadovsky I.N., Kuzmin A.V., Pospelov M.N.* Issledovaniye parametrov spektra vetrovogo volneniya po dannym distantsionnykh radiopolarimetriceskikh izmereniy [Wind-wave Spectrum Parameters Investigation Based on Remote Radiopolarimetric Measurement] // *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2009. № 1. P. 3–10.
- Sharkov E.A., Kuzmin A.V., Veden’kin N.N., Chon S., Ermakov D.M., Kvitka V.E., Kozlova T.O., Komarova N.Yu., Minayev P.Yu., Park I.I., Pashinov E.V., Pozanenko A.S., Prasolov V.O., Sadovskiy I.N., Sazonov D.S., Sterlyadkin V.V., Khapin Yu.B., Hong G., Chernenko A.M.* Kosmicheskii eksperiment “Konvergenziya”: nauchnyye zadachi, bortovaya apparatura, metodiki resheniya zadach [Space experiment “Convergence”: scientific problems, on-board equipment, methods for solving inverse problems] // *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2018. № 4. P. 71–96.
- Smirnov M.T., Savorsky V.P., Marechek S.V., Turygin S.Yu.* Spektral’nyye izmereniya niskhodyashchego radioteplovo-  
go izlucheniya atmosfery v diapazone 18–27 GGts [Spectral measurements of downward radiative thermal radiation of the atmosphere in the range of 18–27 GHz]. *Proc. VII Vserossiyskiye Armandovskiyeye chteniya: Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya, radiolokatsii, rasprostraneniya i difraktsii voln*, 2017. P. 175–179.
- Sterlyadkin V.V., Pashinov E.V., Kuz’min A.V., Sharkov E.A.* Differentsial’nye radioteplovye metody vosstanovleniya profilya vlazhnosti atmosfery s borta kosmicheskikh apparatov [Differential radiothermal methods for retrieving the atmospheric moisture profile from spacecraft]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2017. № 2. P. 64–76.
- Sterlyadkin V.V., Pashinov E.V., Kuz’min A.V., Sharkov E.A.* Vliyaniye podstilyayushhej poverkhnosti na tochnost’ differentsial’nykh radiometriceskikh izmereniy profilya vodyanogo para v nizhnej troposfere so sputnikov [Influence of the underlying surface on the accuracy of differential radiometric measurements of the water vapor profile in the lower troposphere from satellites]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2017. V. 14. № 5. P. 268–277.
- Trokhimovsky Yu.G., Kuzmin A.V., Marechek S.V., Medvedev A.P., Pospelov M.N., Smirnov M.T., Tishchenko Yu.T.* Issledovaniya radioyarkostnoy temperatury vzvolnovannoy poverkhnosti morya v eksperimente “Gelendzhik’99 [Investigations of the radio-brightness temperature of an agitated surface of the sea in the Gelendzhik’99 experiment]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2002. № 3. P. 20–28.
- Volkova E.V., Uspensky A.B.* Otsenki parametrov oblachnogo pokrova i osadkov po dannym skaniruyushchikh radiometrov polyarno-orbital’nykh i geostatsionarnykh me-teosputnikov [Estimates of cloud cover and precipitation parameters from scanning radiometers of polar-orbital and geostationary weather satellite]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2015. № 5. P. 30–43.