

КОСМОС НАЧИНАЕТСЯ С ЗЕМЛИ

НА ОРБИТУ - ЧЕРЕЗ СТЕНДЫ НИИКИ



А.С. Гридин,
кандидат техн. наук,
заслуженный конструктор РФ

Первоначально на базе научно-испытательного комплекса ГОИ им. С.И. Вавилова в Сосновом Бору предполагалось создать отраслевой центр широкого профиля для испытаний оптических приборов, выпускаемых предприятиями страны.

В техническом задании на создание центра было предусмотрено оснащение его различными стендами, на которых можно было бы реализовывать всю предусмотренную нормативными документами номенклатуру испытаний, включая оптотехнические, светотехнические, механические, климатические, биологические (испытания на грибок) и многие другие. В число будущих стендов должны были войти и такие крупные, как большая и малая центрифуги, термобарокамера, камеры влажности и туманов, вибро- и ударные стенды.

Однако очень скоро при подготовке детального экономического обоснования пришлось признать, что использование такого отраслевого центра будет малоэффективным из-за больших транспортных расходов и удлинения технологических циклов на предприятиях оптико-механической промышленности. Во многих случаях изготовление оптических приборов сопровождается множеством промежуточных испытаний внутри циклов, а для этого нужна своя испытательная база. Обслуживание большого числа крупных стендов требует также значительных материальных затрат при очень низкой загрузке. Поэтому предприятия отрасли были вынуждены создавать собственную стендовую базу под номенклатуру выпускаемых ими приборов.

В этих условиях концепцию превращения научно-исследовательского комплекса в отраслевой центр необходимо было коренным образом пересмотреть, что и было сделано. Научно-технический совет ГОИ им. С.И. Вавилова принял решение о преобразовании сосновоборского комплекса в самостоятельный филиал, которому предстояло взять на себя проведение крупномас-

штабных и энергоемких экспериментов, без чего уже не могли обойтись новые направления оптики.

Так и не состоявшийся отраслевой центр испытаний оптических приборов неожиданно получил мощный импульс для развития в качестве межотраслевого центра комплексных испытаний крупногабаритных оптико-электронных систем космического базирования. Впрочем, такая переориентация была вполне естественной, хотя стечение некоторых обстоятельств и сыграло определенную роль.

Во-первых, развитие космических оптико-электронных систем остро поставило задачу межотраслевых испытаний; во-вторых, в стране не было таких испытательных центров, где их можно было бы осуществить, т.е. появилась незанятая ниша; в-третьих, основные проблемы этих испытаний находятся на стыке оптики и электроники, а это - область научных интересов ГОИ им. С.И. Вавилова и его филиалов; наконец, именно в филиале № 2 оказались большие свободные производственные площади и необходимый научный потенциал. Более того, многие крупногабаритные стенды, создававшиеся для решения отраслевых задач, после доработки с успехом могли использоваться для испытаний космической оптики.

На дальнейшее развитие испытательного комплекса и его стендовой базы большое влияние оказало ускорение работ по созданию и изготовлению отечественных крупногабаритных оптико-электронных систем (ОЭС) космического базирования, предназначенных для выявления и инвентаризации запасов природных ресурсов, слежения за процессами урбанизации, составления географических и тематических карт, а также для наблюдения за состоянием лесов, обнаружения опасных природных явлений и загрязнений окружающей среды, решения астрономических и многих других научных и практических задач.

В этих ОЭС для регистрации слабых сигналов с высоким разрешением



требуется не только применение материалов и элементов с предельными физическими параметрами, но и сохранение этих параметров в динамических условиях эксплуатации. Поэтому мировая практика разработки сложных ОЭС сделала резкий крен в сторону усиления требований к их стендовой отработке в условиях имитации внешних эксплуатационных факторов, максимально приближенных к реальным.

Как правило, заказчики крупногабаритных ОЭС на конкурсной основе обеспечивают создание двух или более вариантов стендовых образцов ОЭС и лишь после всесторонних сравнительных стендовых испытаний и исследований этих образцов принимают решение о реализации одного из них. При этом совершенно недостаточно исследовать параметры и характеристики отдельных функциональных узлов и ОЭС в целом. Главным критерием альтернативного выбора является качество решения основной задачи ОЭС в различных условиях эксплуатации, например, вероятности правильного обнаружения и распознавания очагов лесных пожаров на сложном фоне в пределах поля зрения системы.

Отказ от комплексных испытаний крупногабаритных ОЭС на завершающем этапе их создания может привести к серьезным просчетам, как это случилось, например, с американским космическим телескопом "Хаббл".

Этот телескоп величиной с железнодорожную цистерну, предназначенный для определения размеров и форм Вселенной и поиска планет в околозвездных пространствах, стал самым дорогостоящим (свыше трех миллиардов долларов) комплексом научной аппаратуры в истории астрономии. Диаметр его объектива - 2,4 м. Накануне запуска научная общественность рассматривала это событие как важнейшее со времен Галилея, а результаты 15-летней работы "Хаббла" на околоземной орбите высотой 608 км должны были, по мнению многих специалистов, революционизировать древнейшую науку.

Ожиданиям не суждено было сбыться главным образом потому, что разработчики и изготовители телескопа ограничились лишь поузловой его аттестацией. Испытаний системы в целом не проводилось, благодаря чему удалось сэкономить немалые средства. Последствия этой экономии были катастрофическими. Разрешающая способность телескопа на орбите оказалась более чем в семь раз хуже проектной и составила величину, характерную для наземных телескопов среднего класса. Только беспрецедентные работы, выполненные астронавтами на орбите четыре года спустя, позволили снабдить "близорукий" телескоп эквивалентом контактных линз и несколько приблизиться к расчетным параметрам.

Именно после этого случая в США было принято решение, обязывающее подвергать все крупногабаритные ОЭС комплексным стендовым испытаниям.

Не избежали подобной ошибки и наши отечественные разработчики, к счастью, на более раннем этапе развития ОЭС.

В 1972 году в ходе летно-конструкторских испытаний (ЛКИ) была выведена на орбиту ОЭС дистанционного зондирования поверхности Земли первого поколения с диаметром входного зрачка 250 мм. Предварительно все функциональные узлы системы прошли этап приемо-сдаточных испытаний на соответствие техническим условиям на предприятиях-изготовителях этих узлов. После монтажа на космическом корабле ОЭС, в целом без замечаний, прошла штатные, так называемые "комплексные", испытания на функционирование. Несмотря на выполнение всех предусмотренных нормативных этапов, запущенная на орбиту ОЭС не вышла на расчетные характеристики по параметру чувствительности. Фактически она оказалась "слепой". Выявить причины потери чувствительности в условиях космического полета было невозможно из-за недоступности конструктивных элементов ОЭС и ограниченности диагностических каналов информации. Таким образом, для выполнения задач летно-конструкторских испытаний оптико-электронной системы запуск на орбиту оказался потерянным.

Следует отметить, что крупногабаритные космические ОЭС изготавливаются сложной кооперацией предприятий различных отраслей. Для координации работ правительством страны создается Совет главных конструкторов, решения которого обязательны для всех участников разработки.

После неудачи с запуском ОЭС дистанционного зондирования первого поколения Совет главных конструкторов принял историческое для филиала № 2 ГОИ им. С.И. Вавилова решение, которое на многие годы определило его задачи в области комплексных испытаний и исследований крупногабаритных ОЭС. Совет решил: впредь разработка всех крупногабаритных ОЭС, состоящих из большого числа функциональных узлов, должна в обязательном порядке сопровождаться разработкой комплексных стендов, на которых должны проводиться испытания ОЭС в целом по сквозным характеристикам при имитации условий эксплуатации, максимально приближенных к реальным. В нормативные документы создания ОЭС включался этап комплексных стендовых испытаний, по результатам которых составлялось заключение о допуске ОЭС к летно-конструкторским испытаниям. Заметим, что у нас такое решение принято в 1972 году, а в США - почти через двадцать лет, но и в том и в другом случае после серьезных неудач. Как тут не вспомнить поговорку: "Пока гром не грянет - мужик не перекрестится".

Ответственность за разработку стендов и проведение стендовых испытаний была возложена на филиал ГОИ им. С. И. Вавилова. Состав стенда, изготовители отдельных его узлов, технические характеристики, а также про-

граммы испытаний утверждались Советом главных конструкторов. На стенд в обязательном порядке поставлялся образец - аналог летного варианта ОЭС, работы с которым проводились и на всех этапах летно-конструкторских испытаний, что позволяло лучше понять ход ЯКИ, оперативно вмешиваться в программу испытаний, исследовать причины нештатной работы ОЭС. Такой подход к испытательному циклу создания крупногабаритных ОЭС оказался чрезвычайно эффективным. В Сосновом Бору допуск на запуск в космическое пространство получило несколько поколений ОЭС различных модификаций, и не было ни одного случая отказа после вывода систем на орбиту. Как правило, вся программа летно-конструкторских испытаний выполнялась в рамках одного запуска, что обеспечивало высокую экономическую эффективность, полностью оправдывало затраты на создание стендов.

Рассмотрим некоторые особенности стендовой базы НИИКИ, предназначенной для комплексных испытаний ОЭС.

Учитывая, что предприятия-изготовители отдельных функциональных узлов, которые в большинстве случаев представляют собой законченные сложные приборы с системой приспособлений для стыковки с другими блоками, имеют собственные стенды для проведения входного контроля комплектующих изделий, конструкторско-доводочных и приемо-сдаточных испытаний на соответствие техническим условиям, стенды НИИКИ должны обеспечивать, в первую очередь, проведение всесторонних исследований ОЭС при модельных внешних воздействиях и условиях эксплуатации, максимально приближенных к реальным. Для этого в состав стендов вводятся различного рода имитаторы оптических и тепловых полей, вакуумные камеры, соответствующая диагностическая аппаратура, многочисленные каналы информации о параметрах испытываемых ОЭС.

Стенды НИИКИ являются комплексными в том смысле, что на них должна имитироваться вся функциональная цепочка (сбор информации на борту космического корабля - передача на наземные измерительные комплексы - обработка по заданной программе). Поэтому в состав стенда вводятся не только ОЭС в полном комплекте и имитаторы внешних условий, но и имитаторы (а где это возможно - и реальные блоки) линий связи и телеметрических каналов, аппаратуры визуального отображения информации, вычислительные комплексы, программно-алгоритмическое обеспечение и т.д., что позволяет проводить исследования сквозных характеристик системы в условиях, моделирующих внешние воздействия.

Согласно требованиям Совета главных конструкторов, в ходе стендовых испытаний решаются четыре основные задачи:

1. Проведение входного контроля всех входящих в состав ОЭС функциональных узлов и блоков в соответствии с техническими условиями на них.
2. Проведение стыковочных испытаний по согласованной программе.
3. Проведение исследований сквозных характеристик ОЭС в целом при различных внешних воздействиях.
4. Сопровождение летно-конструкторских испытаний стендовыми испытаниями.

При решении задач межотраслевого характера работы на стендах проводятся бригадами, комплектуемыми из специалистов различных отраслей, а результаты испытаний в особо ответственных случаях обсуждаются и утверждаются Советом главных конструкторов.

Стенды используются также для проведения сотрудниками НИИКИ научно-исследовательских работ в области метрологии, имитации физических полей, разработки новейших оптико-электронных приборов и устройств, исследований характеристик макетов сложных ОЭС при воздействиях различных факторов с целью разумного выбора элементной базы, проверки научных концепций и конструкторских альтернатив.

За тридцать лет в институте создано три поколения комплексных моделирующих стендов, на которых проведены испытания и исследования нескольких поколений ОЭС. А начиналось все со стенда "КМС-1" в 1972 году, сразу же после неудачного запуска ОЭС дистанционного зондирования, приведшего к срыву графиков выполнения работ и простою предприятий-участников разработки.

Совет главных конструкторов поручил ГОИ им. С.И. Вавилова в кратчайшие сроки создать испытательный стенд, выявить причины потери чувствительности ОЭС и разработать предложения по их устранению. Вся тяжесть этих работ легла на плечи сотрудников филиала. Сложность ситуации заключалась в том, что обычная схема разработки и согласования технического задания, выпуска и согласования конструкторской документации, изготовления, аттестации и сдачи стендового оборудования в данном случае была непригодна, поскольку технологический цикл таких разработок составляет несколько лет, а на решение поставленных задач было отведено лишь несколько месяцев. Чтобы ускорить дело, Совет пошел на рискованный шаг, разрешив участникам работ действовать самостоятельно. Да, был в этом определенный

риск и для Совета, и для исполнителей - а вдруг потеряем время? Но иного выхода не было.

Большое доверие со стороны всех многочисленных участников создания стенда вдохновляло коллектив исполнителей. В основном это были молодые сотрудники организованной для решения ответственной задачи лаборатории 2Ф24. Работы велись самоотверженно, порой в три смены, без выходных. Многие делались своими руками. Опытное производство выполняло заказы по простейшим эскизам, без прохождения общепринятых этапов технологической подготовки.

И стенд был создан за два месяца. В его состав были включены все необходимые имитаторы оптических полей (излучений Солнца и Земли), линий связи, системы визуального отображения информации, стандартная измерительная аппаратура, различные механические узлы. Сжатые сроки, разумеется, не могли не сказаться на характеристиках стенда. Он получился скорее научно-исследовательским, нежели приемо-сдаточным. Все держалось на квалификации исполнителей и их высочайшей ответственности за конечный результат. Вскоре были найдены причины потери чувствительности злополучной ОЭС и разработаны рекомендации по ее доработке. Повторные испытания подтвердили эффективность выполненных доработок, и Совет главных конструкторов принял решение о новом запуске ОЭС на орбиту для проведения летно-конструкторских испытаний, которые и были закрыты на одном единственном образце.

Была решена важнейшая задача, достигнуты блестящие результаты, но не только это осталось в памяти участников событий. Позже были созданы более сложные стенды "КМС-II" и "КМС-III" - на высочайшем научном и техническом уровне, уникальные, не имеющие аналогов. Но первый стенд - "КМС-I" - памятен для сотрудников лаборатории 2Ф24 и всего коллектива прежде всего той неповторимой аурой взаимоотношений, необыкновенным душевным подъемом, доброжелательностью, взаимной помощью при устранении неизбежных в таком большом деле ошибок.

В том же 1972 году, после успешного завершения работ на стенде "КМС-I", Совет главных конструкторов принял решение о создании второй очереди ОЭС дистанционного зондирования, которая отличалась от первой увеличением диаметра объектива с 250 до 500 мм, что по тем временам составляло значительную величину. Большой диаметр позволил значительно повысить энергетическую чувствительность и разрешающую способность ОЭС. Было увеличено число каналов поступления информации. Принципи-

альная особенность ОЭС второй очереди, которая потребовала нетрадиционных схемных решений при создании стенда "КМС-II", заключалась в том, что она предназначалась для дистанционного зондирования с высокой орбиты (примерно 40000 км) не только поверхности планеты, но и околоземного пространства с целью наблюдения за слабосветящимися объектами на фоне Космоса. Поле зрения ОЭС одновременно направлялось на яркий освещенный Солнцем диск планеты и на Космос, т.е. требовалось обеспечить возможность наблюдать за слабыми объектами на фоне Космоса вблизи яркого диска планеты. Имитация такого светового поля представляет собой весьма трудную задачу, которая усложняется сравнительно большим диаметром входного зрачка и значительным размером поля зрения испытываемой ОЭС. Впервые она была решена в схеме стенда "КМС-II".

Комплексный моделирующий стенд второй очереди создавался в нормальной обстановке с прохождением всех предусмотренных нормативными документами этапов, включая НИР, эскизное и техническое проектирование, заводское изготовление и аттестацию метрологическими службами с привязкой к государственным эталонам фотометрических величин.

В состав стенда "КМС-II" входит большое число имитаторов световых полей, в том числе имитаторов излучения Солнца, Земли и наблюдаемых объектов с учётом динамики их движения, имитаторов тепловых полей, линий связи, наземной аппаратуры визуального отображения, а также автоматическая система сбора и обработки информации на базе достаточно мощной по тем временам ЭВМ - "ЕС-1040".

Для оценки возможностей стенда "КМС-II" подробнее остановимся только на одном моменте, который сыграл весьма существенную роль в проектировании ОЭС и оказал большое влияние на дальнейшую работу филиала в области комплексных испытаний крупногабаритных ОЭС.

Речь пойдёт об имитаторе серпа Земли с предельно контрастной границей "Земля-Космос", который является стержневым имитатором стенда "КМС-II".

Попробуем разобраться, в чём сложность создания такого имитатора.

Любой имитатор оптического излучения объекта должен тождественно воспроизводить его геометрические параметры, т.е. ход оптических лучей, соответствующий реальному, а также энергетические параметры, например, яркость этих лучей. Имитация геометрических параметров осуществляется при помощи оптической системы, в данном случае - объектива, который как бы создаёт виртуальное пространство (оптики называют его пространством

изображения), ход оптических лучей в котором подобен ходу лучей в реальном пространстве (пространстве предметов). Причём коэффициент подобия может достигать огромных величин, т.е. огромные реальные пространственные величины могут уместиться в небольших размерах пространства изображения и наоборот. Так объектив любого фотоаппарата преобразует огромное реальное пространство в пространство изображения в миниатюрной камере. Чем-то этот процесс напоминает процесс творчества художника, который, используя законы передачи перспективы, изображает на ограниченном по размерам холсте реальный мир.

При создании имитаторов решается обратная задача. В небольшой по размерам оптической системе при помощи объектива на ее выходе создается ход лучей, строго соответствующий реальному ходу лучей от удалённого объекта.

Объектив в этом случае выступает в роли некоего окна, через которое оптико-электронная система рассматривает пространство изображения, строго соответствующее по геометрическим параметрам реальному миру. Имитация геометрических параметров обычно не вызывает больших сложностей. Иначе дело обстоит с имитацией энергетических параметров. Дело в том, что объектив рассеивает часть проходящих через него оптических лучей, искажая тем самым светопередачу имитируемых объектов. Сложные фотографические объективы рассеивают десятки процентов падающей на них световой энергии от объектов, лучшие объективы крупногабаритных ОЭС - единицы процентов. В большинстве случаев этот уровень рассеяния вполне допустим. Однако при наблюдении слабо светящихся объектов на фоне Космоса вблизи ярко светящегося серпа Земли требования к уровню рассеянного излучения

Имитатор серпа Земли стенда КМС-II.
На заднем плане - зеркальный экран и слабо отражающая маска



резко усиливаются, особенно в имитаторах, предназначенных для тождественного воспроизведения границы "Космос-Земля" и слабо светящихся объектов на фоне Космоса.

На границе "Космос-Земля" в имитаторе уровень рассеянного излучения должен составлять сотые, а то и тысячные доли процента, с тем чтобы полностью исключить влияние имитатора на ре-

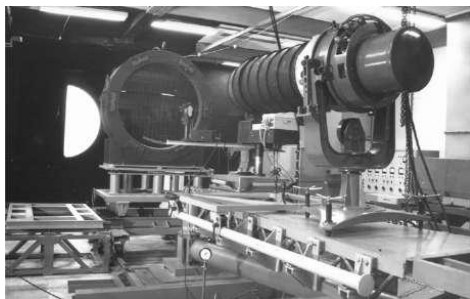
зультаты экспериментов. Классические оптические системы даже при максимальном просветлении не могут обеспечить столь малого уровня рассеянного излучения. Казалось бы, задача не имеет решения. Однако решение нашлось, и заключалось оно в том, что при достаточно больших линейных размерах имитатора оказалось возможным использовать один и тот же объектив ОЭС дистанционного зондирования и в качестве объектива имитатора, и в качестве объектива ОЭС - достаточно лишь перефокусировать его на имитирующую границу "Космос- Земля" маску.

Имитатор серпа Земли размещен в зале, имеющем габаритные размеры $100 \times 25 \times 20 \text{ м}^3$, и представляет собой экран, состоящий из 142 зеркал. Площадь каждого зеркала равна 1 м^2 . Оригинальная система подсветки обеспечивает яркость зеркального экрана, равную яркости освещенной Солнцем поверхности Земли. Граница "Космос-Земля" имитируется наложением на экран покрытых глубокоматовой эмалью ячеистых, слабоотражающих масок заданной формы. При этом яркость масок, освещенных паразитным рассеянным излучением, составляет лишь сотые доли процента от яркости экрана, что обеспечивает проведение исследований характеристик ОЭС по объектам, расположенным сколь угодно близко от яркого серпа Земли.

Расстояние от зеркального экрана с масками до испытуемой ОЭС составляет 100 м. При таком большом расстоянии перефокусировка объектива ОЭС равна всего лишь нескольким миллиметрам, что обеспечивает адекватность хода оптических лучей и сохранность расчетных характеристик объектива ОЭС как в схеме имитатора серпа Земли, так и в оптической схеме самой ОЭС.

Первые испытания ОЭС дистанционного зондирования на имитаторе привели к совершенно неожиданным результатам. В той части поля зрения ОЭС, которая была направлена на имитатор космического пространства, т.е. на слабоотражающую маску, было обнаружено большое число ложных сигналов, маскировавших наблюдаемые объекты. Первоначально разработчики ОЭС и в

Стенд КМС-II.
Оптический комплекс (на заднем плане - маска имитатора серпа Земли; на среднем плане - объектив имитатора; на переднем плане - испытуемая оптико-электронная система).



какой-то степени разработчики имитатора посчитали, что этот эффект объясняется несовершенством имитатора. Однако последующие скрупулезные исследования показали, что имитатор здесь ни при чем, дело в самой ОЭС.

ОЭС поступила на стенд, пройдя весь цикл приемосдаточных испытаний, с закрытием формуляра, т.е. формально она была допущена на этап летно-конструкторских испытаний. Но если бы запуск на орбиту был произведен без комплексных стендовых испытаний, ее постигла бы та же участь, что и ОЭС первого поколения в 1972 году. Были бы потеряны и время, и огромные средства.

С помощью исследований на стенде удалось найти причину возникновения помех и предложить решения по их уменьшению. Рассмотрим эти причины, которые проявили себя на стыке оптических и электронных элементов. В последние годы в разработке ОЭС космического базирования для дистанционного зондирования наблюдается устойчивая тенденция резкого увеличения числа каналов информации путем использования многоэлементных фотоприемных устройств (ФПУ). В процессе изготовления ФПУ на подложку из оптического стекла напыляются фоточувствительный слой и слой золота, из них вырезают требуемое количество элементов и контактный растр, соединяющий каждый чувствительный элемент с отдельным усилительным каналом в блоке предварительных усилителей. При высокой интеграции чувствительных элементов возрастают паразитные электрические связи между отдельными каналами. Разработчики ФПУ хорошо изучили это явление и научились технологическими и схемными решениями минимизировать их до величин, предусмотренных техническими условиями. Но, кроме электрических связей, в многоэлементных ФПУ имеют место паразитные оптические связи, которые до поры до времени себя не обнаруживали, поэтому разработчики не обращали на них внимания, точнее сказать, не замечали их. Однако при столь больших контрастах на границе "Космос-Земля" уровень оптических связей оказался на несколько порядков выше электрических.

Механизм образования оптических связей заключается в следующем. Часть оптических лучей от яркого объекта, например, от серпа Земли, попадает на золоченый слой ФПУ, отражается от него, затем попадает на близлежащие оптические элементы (защитные стекла, светофильтры) и, частично отражаясь от них, возвращается на чувствительные элементы, в том числе на те, которые находятся в поле зрения Космоса, и создает эффект ложных сигналов. На стенде удалось не только обнаружить оптические связи, отделить

их от электрических, подробно исследовать, но и предложить методы их существенного уменьшения.

О важности и сложности решения задачи создания такого имитатора и проведения на нем испытаний ОЭС свидетельствует, например, то, что по результатам исследований сотрудниками филиала были успешно защищены две диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, сделано немало изобретений, опубликовано большое количество научных статей.

Эффективность стендовых испытаний подтверждает тот факт, что после доработок, выполненных по их результатам, выведенная на орбиту оптико-электронная система дистанционного зондирования успешно прошла летно-конструкторские испытания. Более того, этот экземпляр ОЭС, предназначенный только для проведения ЛКИ, в дальнейшем был принят в эксплуатацию. Тем самым были сэкономлены значительные средства и время.

Совершенствование стендовой базы НИИКИ связано с разработкой и созданием стенда "КМС-III", предназначенного для предполетных комплексных испытаний третьего поколения оптико-электронных систем дистанционного зондирования с удаленных орбит поверхности Земли и околоземного пространства. Для повышения их энергетической чувствительности и разрешающей способности диаметр объектива был увеличен до 1000 мм при одновременном увеличении числа каналов получения информации до нескольких тысяч.

Набор имитаторов стенда "КМС-III" примерно тот же, что и стенда "КМС-II". Их конструкция учитывает как увеличение диаметра объективов, так и значительное повышение энергетической чувствительности и, особенно, разрешающей способности. Сформулированные Советом главных конструкторов задачи стендовых испытаний также не изменились, поэтому здесь интерес представляет, прежде всего, подход к термооптическим испытаниям на стенде "КМС-III".

Целью термооптических испытаний крупногабаритных ОЭС является определение степени сохранности основных характеристик ОЭС, в первую очередь разрешающей способности, в различных температурных полях, возникающих при их эксплуатации в условиях космического пространства. Испытания обычно разбиваются на два этапа. Сначала космический корабль вместе с аппаратурой целиком размещается в вакуумной камере и облучается мощными потоками от имитатора солнечного излучения, после чего измеряется температура в различных точках корабля. Такие испытания называются

тепловыми и имеют своей целью разработку и проверку эффективности защиты мер от воздействия солнечного излучения и космического пространства. Совмещение этих испытаний с измерением оптотехнических характеристик ОЭС практически не удается. Проводятся тепловые испытания в специализированных испытательных центрах. После реализации защитных мероприятий фиксируется остаточное температурное поле, в пределах которого и должна сохранять свои характеристики ОЭС дистанционного зондирования.

Это остаточное температурное поле, уточненное по результатам космических испытаний, является рабочей моделью для реализации на стенде "КМС-III". При этом ОЭС размещается в вакуумном имитаторе излучения объектов с диаметром объектива 1400 мм. Будет уместно отметить, что аналогов такого имитатора в нашей стране пока нет.

Температурное поле ОЭС реализуется при помощи гибких нагревателей и специальных полых экранов, по которым прокачивается жидкий азот. Контроль температуры осуществляется при помощи термодатчиков, которые устанавливаются в наиболее чувствительных местах ОЭС.

В крупногабаритных ОЭС дистанционного зондирования высокого разрешения для компенсации терморасстраиваемости вводится оптико-электронный блок автоматической фокусировки. В ходе термооптических испытаний и проверяется эффективность такой фокусировки при различных температурных воздействиях. Критерием эффективности является сохранность разрешающей способности.

На стенде "КМС-III" было выполнено несколько циклов доработки системы автоматической фокусировки ОЭС дистанционного зондирования третьего поколения до вывода ее на удаленную орбиту для проведения летно-конструкторских испытаний, которые полностью подтвердили эффективность доработок.

Дальнейшее развитие крупногабаритных оптико-электронных систем дистанционного зондирования связано с увеличением диаметра объектива. Впрочем, другого пути повышения энергетической чувствительности и разрешающей способности в настоящее время нет. В стадии завершения находится разработка ОЭС с диаметром объектива 1500 мм, ведутся НИР по созданию ОЭС с диаметром объектива 3000 мм.

Казалось бы, при наличии огромного опыта проведения испытаний и доработок ОЭС не должно возникать серьезных трудностей в связи с укрупнением их габаритов. Необходимо лишь наращивать диаметры объективов

имитаторов до нужных размеров, и все проблемы будут решены. Однако все оказалось намного сложнее.

Дело в том, что в качестве объективов в ОЭС используются зеркала, диаметр которых может достигать 1500 мм и более. Под воздействием сил тяготения (гравитации) деформации зеркал возрастают до величин, существенно превосходящих допустимые. Если не принять специальных мер, то проверить величину разрешающей способности на стенде не удастся.

В космосе в условиях невесомости деформации зеркал отсутствуют. На Земле при изготовлении и контроле в поле сил тяготения они достигают больших величин.

Что делать?

Эти трудности преодолеваются с помощью специальных устройств разгрузки, конструкция и эффективность которых чрезвычайно зависят от ориентации оси зеркала относительно направления силы тяжести. Если ось зеркала расположена горизонтально, т.е. зеркальная поверхность перпендикулярна горизонтальной плоскости, то система разгрузки крайне сложна и малоэффективна. Гораздо проще и точнее система зеркал разгрузки с вертикальной осью - в силу симметрии сил тяготения относительно зеркальной поверхности, формирующей изображение.

Таким образом, требования, налагаемые системами разгрузки, могут быть выполнены, если оптические оси имитаторов и испытуемых ОЭС дистанционного зондирования будут иметь вертикальное расположение. Это обстоятельство в корне меняет подход к созданию крупных стендов.

В НИИКИ уже несколько лет под руководством главного конструктора П.А. Сергеева ведутся работы по созданию такого стенда - "БУС".

"БУС" - большой универсальный стенд - представляет собой вертикальную железобетонную башню высотой более 100 м, опирающуюся на мощный фундамент. Внутри башни - вакуумная камера и свободно подвешенная оптическая скамья, обеспечивающая крепление соответствующих имитаторов и испытуемой ОЭС с большой точностью совмещения их оптических осей.

О грандиозности сооружения можно судить по тому, что вес фундаментной плиты превышает 300 тысяч тонн, а вес свободно подвешенной оптической скамьи составляет около 4 тысяч тонн.

Стенд рассчитывается на максимальные ветровые нагрузки, при которых изгиб оптической скамьи составляет величину существенно меньшую, чем разрешающая способность испытуемой ОЭС. Он создается с учетом долгосрочных тенденций развития крупногабаритных оптико-электронных систем

на многие десятилетия вперед. По мере наращивания размеров диаметров объективов до 3000 мм и более будут возрастать диаметры оптических систем имитаторов, размещаемых в вакуумной камере, внутренний диаметр которой составляет 10 м.

Из-за недостаточности финансирования строительство стенда продвигается крайне медленно, и сегодня нет какой-либо определенности в отношении сроков его завершения.

И все же мы не должны терять надежду на перспективу развития нашей "прозрачной" науки - оптики.

... Россия всегда была страной "загоризонтной". Перед нами всегда стоял вопрос: "Что же там, за горизонтом?" Мы шли вперед, изумляясь время от времени лукавой мудрости великороссов, изрекших однажды: "Всякая кривая дорога короче прямой, и только вороны прямо летают".

Пройдут годы, страна стряхнет с себя чертополох стяжательства и бездуховности и с новой силой зазвучит все тот же вечный вопрос: "Что же там, за горизонтом - за горизонтом наших знаний?" В поисках ответа на него тридцать лет прокладывали свою тропинку мы - сотрудники НИИКИ. Конечно же, тридцать земных лет - не тридцать световых, но вся наша жизнь связана с этой тропинкой. Продолжим свой путь по ней!

Очень нелегкая задача отметить тех, кто внес самый весомый вклад в создание нашей стендовой базы. Естественно, среди них были и наиболее талантливые, и наиболее опытные, и наиболее знающие. Одни были "генераторами" идей, другие - наделены даром создавать такую атмосферу, в которой талант первых мог бы проявиться в большей степени. Поэтому просто назовем основных исполнителей этих работ: П.Ю. Азо, И.П. Беневский, В.Б. Воронич, Т.Н. Галешко, В. О. Груздева, И.Ю. Дмитриев, Е.П. Еремин, С.М. Зяблицев, П.П. Иванов, А.Ф. Коченгин, К.К. Коленчиков, Л.Д. Коленчикова, Ю.М. Либик, Б.М. Линский, П.М. Линский, В.Н. Мартынов, Л.А. Мартынова, Ю.П. Радченко, В.И. Салин, С.А. Семенов, М.И. Синельников, М.Г. Сотенский, А.С. Тюленев, С.М. Чилипенко, С.М. Фомин и многие другие.

За выполнение этих работ большая группа специалистов института была удостоена высоких государственных наград.