ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В ОТЕЧЕСТВЕННОМ СУДОСТРОЕНИИ

В.П. Суетин (ПО «Севмашпредприятие», Северодвинск)

В 1984 г. окончил СевмашВТУЗ по специальности «инженер-кораблестроитель». В настоящее время —главный конструктор ФГУП «ПО «Севмашпредприятие».

В.А. Кукушкин (ПКБ «Севмаш», Северодвинск)

В 1986 г. окончил СевмашВТУЗ по специальности «инженер-механик». В настоящее время — заместитель главного конструктора ПКБ «Севмаш».

В.А. Стародубов («НовИТ СПб», Санкт-Петербург)

В 1996 г. окончил ВИКА им. А.Ф. Можайского по специальности «инженер-системотехник». В настоящее время — руководитель направления ЗАО «НовИТ СПб».

М.Ю. Дружинин («Лейка Геосистемз»)

В 1988 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия». С 1988 г. работал в МИИГАиК инженером-программистом, где с 1991 г. занимался разработкой программ для фотограмметрических приборов. С 1995 г. работал ведущим экспертом по фотограмметрии и лазерному сканированию в компании «Фирма Г.Ф.К.». С 2004 г. по настоящее время — ведущий специалист по измерительным комплексам ООО «Лейка Геосистемз».

С.Л. Серегин («Фирма Г.Ф.К.»)

В 1982 г. окончил механико-технологический факультет ВТУЗ при заводе им. И.А. Лихачева по специальности «технологии машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». С 1975 г. работал на заводе им. И.А. Лихачева, с 1994 г. — начальником бюро по адаптации и локализации программного обеспечения компании «Поинт». С 2004 г. по настоящее время — эксперт по лазерному сканированию компании «Фирма «Г.Ф.К.».

В настоящее время коллектив судостроительного предприятия ФГУП «ПО «Севмашпредприятие» выполняет крупные и весьма неординарные проекты:

— строительство морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) «Приразломная»;

— ремонт и модернизацию тяжелого авианесущего крейсера (ТАВКР), проект 11430, более известного как «Адмирал Горшков».

При строительстве МЛСП по требованию заказчика будет использоваться верхнее строение с платформы Hutto TLP. Одна из проблем, возникающих при выполнении этих проектов, заключается в том, что в процессе длительной эксплуатации (более двадцати лет) на платформе и корабле было проведено множество технических изменений, которые не отражены в конструкторской документации.

Жесткие сроки, отведенные на выполнение контрактных обязательств, явились для коллектива предприятия мощным стимулом поиска новых технологий, позволяющих ускорить решение поставленных перед ним задач.

По публикациям в печати руководству конструкторского бюро, отвечающего за разработку документации, было известно о технологии трехмерного лазерного сканирования, позволяющей создавать объемные цифровые модели существующих объектов. В целях изучения целесообразности практического применения данной технологии было решено провести пилотные работы на примере проекта 11430. В качестве генерального подрядчика работ была выбрана компания «НовИТ СПб».

Специалисты компании «НовИТ СПб» провели анализ представленного на российском рынке оборудования и про-

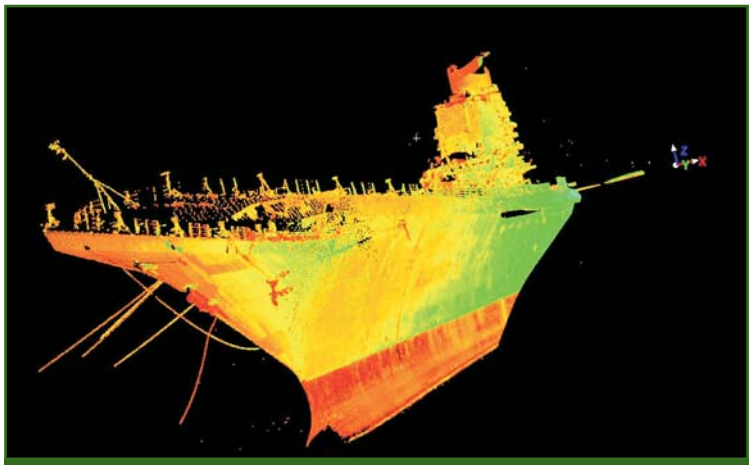

Рис. 1
Трехмерное «облако точек» ТАВКР

граммного обеспечения для трехмерного лазерного сканирования, по результатам которого была выбрана технология компании Leica Geosystems (Швейцария).

Уникальность работ состояла в том, что до настоящего времени в России никто не выполнял лазерную съемку такого сложного и специфического объекта. Для выполнения работ была сформирована рабочая группа из представителей предприятия заказчика и компании «НовИТ СПб», отвечающих за идеологическое и организационное обеспечение проекта. Непосредственно работы по сканированию и обработке результатов выполняли специалисты российского представительства компании Leica Geosystems (ООО «Лейка Геосистемз») и «Фирмы Г.Ф.К.». Санер HDS2500 для выполнения работ был арендован в «Фирме Г.Ф.К.».

На выполнение пилотного проекта было отведено пять дней. Первый день ушел на решение организационных вопросов по оформлению пропусков на режимное предприятие и прохождение инструктажа по технике безопасности. Второй и третий день отводился на выполнение работ по сканированию, четвертый — на обработку результатов и оформление отчета. Пятый день был посвящен демонстрации результатов пилотных работ руководству предприятия, на которой присутствовал и главный конструктор компании «Невское ПКБ», разрабатывавшей проект 11430.

В первый день выполнения работ было решено провести сканирование надводной части авианесущего крейсера. Было выполнено несколько сканов правого борта корабля, обращенного к причалу. С левой стороны провести подробную съемку было практически невозможно по причине большого расстояния от противоположного берега до борта. Однако, специалисты смогли найти нужный ракурс со взлетно-посадочной части палубы авианосца и отсканировали переднюю надводную часть корабля (рис. 1). Также была выполнена съемка надстройки с полным комплексом антенн и другого оборудования.

На следующий день были запланированы съемки внутренних помещений корабля: поста энерго-жизнеобеспечения (ПЭЖ) и машинных залов — носового и кормового. На сканирование первого помещения был потрачен 1 час и 10 минут (рис. 2, вверху). Остальные помещения отсканировать не удалось, так как на корабле отключили электропитание. Хотя для лазерного сканера отсутствие освещения не является препятствием, в целях безопасности было решено прекратить работы внутри корабля. После чего был отсканирован правый борт корабля, видимый с причала. Было выполнено три скана с одной точки стояния. Из-за недостатка времени пришлось пропустить несколько метров борта, зато полностью отсканировали переднюю часть надстройки крейсера. Для тестирования точности лазерного сканера HDS2500 дополнительно отсканировали две антенны, которые находились на расстоянии 50 и 60 м от сканера.

Обработка полученных данных выполнялась с помощью программного комплекса Cyclone, имеющего функцию уравнивания. Эта функция позволяет объединять отдельные сканы в единую систему координат с использованием специальных визирных марок, устанавливаемых на объекте сканирования. К сожалению, не была

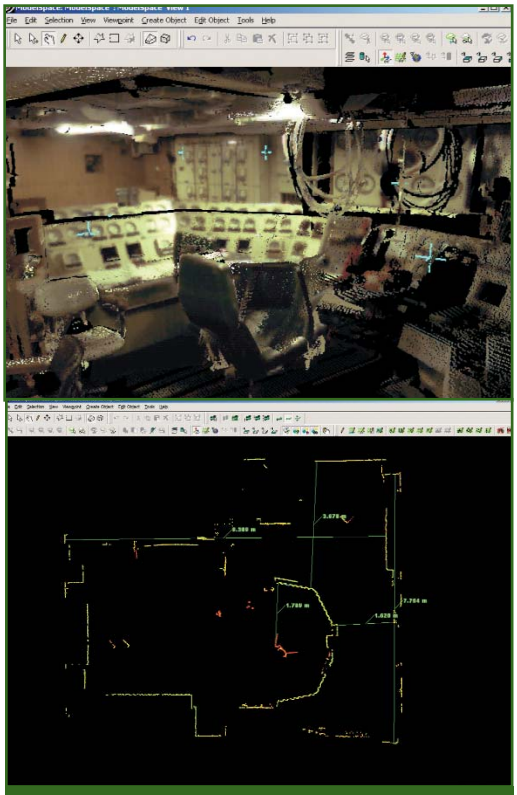

Рис. 2
Трехмерное «облако точек» (вверху) и чертеж ПЭЖ (внизу)

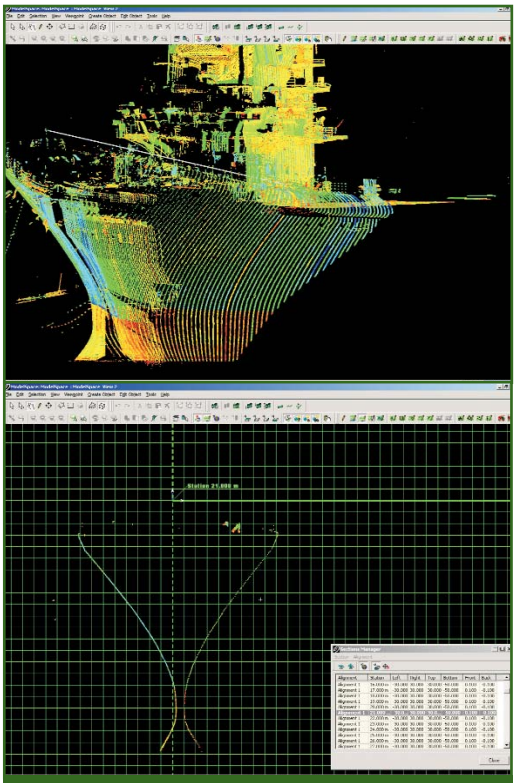

Рис. 3
Создание разрезов и вывод одного из них

поставлена задача получения результатов измерений надводных и внутренних частей корабля в единой системе координат. Поэтому помещение ПЭЖ и корпус корабля получились в различных системах координат.

Процесс уравнивания четырех сканов ПЭЖ занял менее часа. Средняя квадратическая ошибка составила 1 мм. Затем «облако точек» было поделено на тонкие слои, толщиной до 10 мм. Это позволило создать план комнаты в разрезе (рис. 2, внизу), и выполнить стандартные измерения размеров отдельных деталей и расстояний между ними. Следует отметить, что разрез напоминает готовый чертеж, сделанный по одной из осей пространственной прямоугольной системы координат. Для текущих работ, связанных с ремонтом помещения, это большое подспорье, так как достаточно быстро можно измерить практически любое расстояние и угол, распечатать результат в графическом виде и тем самым создать текущий чертеж помещения.

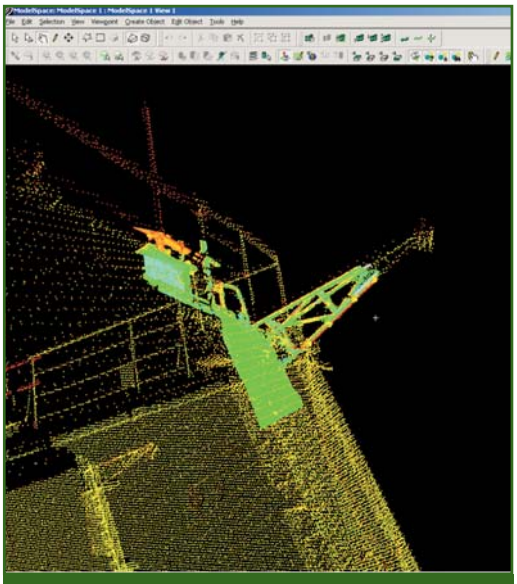

Рис. 4
Трехмерное «облако точек» резонатора

Выполнить уравнивание передней части корпуса корабля было несколько сложнее, так как два скана были получены с палубы авианосца, а четыре — с причала. Однако точность полученной средней квадратической ошибки не превысила 2 мм. Для дальнейшей обработки выбрали несколько вариантов представления результатов. Во-первых, были сделаны разрезы через 1 м толщиной менее 10 мм (рис. 3). Во-вторых, создана трехмерная поверхность одного из бортов. В-третьих, было проведено моделирование резонатора антенны корабля.

Разрезы корпуса корабля получили с помощью встроенной функции построения разрезов программного комплекса Cyclone. Разрезы строятся непосредственно по облаку точек, т. е. по «сырым» результатам сканирования. Достаточно наметить центральную линию и выбрать функцию построения разрезов. Настройки для построения разрезов учитывают расстояние между разрезами, толщину разрезаемых облаков точек, максимальное расстояние вправо, влево, вверх и вниз. При этом можно наметить не одну линию, а несколько, ломаную или кривую, в любом случае разрезы будут построены перпендикулярно к этой линии. После построения разрезов ими можно манипулировать: включать нужный разрез, переходить от одного к другому, выводить текущие размеры как отдельный чертеж и многое другое.

Вторая задача состояла в построении трехмерной поверхности одного из бортов. Полученное «облако точек» поверхности борта было преобразовано в сеть треугольников (TIN) и экспортировано в программу AutoCAD (Autodesk Corp., США) в формате DXF. Полученная трехмерная модель будет использоваться для модернизации носовой части корабля, в частности для определения линии реза. Это связано с тем, что для постановки в сухой док ТАВРК «Адмирал Горшков» имеет слишком большую осадку. Поэтому, по технологии требуется отрезать носовой обтекатель при нахождении корабля на плаву.

Последняя задача — построение резонатора антенны — была проведена для демонстрации максимальных возможностей системы (рис. 4). Следует отметить, что расстояние от сканера до измеряемого объекта было чуть меньше 60 м. Однако при построении модели программа Cyclone позволила определить диаметр трубы, который составил 22±1 мм. Построение отдельных труб резонатора проводилось с помощью функции автоматического моделирования, которая позволяет создавать твердотельную модель по указанию на одну из выбранных точек. В программе Cyclone имеются несколько функций для автоматического построения цилиндров, плоскостей, сфер и сглаженных поверхностей. Программа автоматически выбирает соседние точки, кото-

рые подходят для построения подобных элементов. Процесс создания твердотельной трехмерной модели резонатора занял не более 15 минут (рис. 5).

По результатам проведенных работ можно сделать вывод, что сканирующая система HDS2500 совместно с программным комплексом Cyclone является надежным инструментом для построения чертежей сложных объектов, измерения расстояний, объемов и площадей, моделирования новых конструкций и встраивания их в имеющиеся размеры. Скорость работы позволяет достаточно быстро проводить внутренние и наружные измерения. Система гарантирует получение результатов с точностью не более 2 мм, достаточной для построения рабочих чертежей. Гибкость программного обеспечения позволяет решать большинство задач, возникающих при модернизации или непосредственном строительстве сложных объектов. Полученные данные могут быть обработаны как в программном комплексе Cyclone, так и в системах автоматизированного проектирования, таких как AutoCAD и MicroStation (Bentley Systems, Inc., США).

Авторы надеются, что работы, описанные в статье, позволят расширить область практического применения технологии трехмерного сканирования в отечественном судостроении.

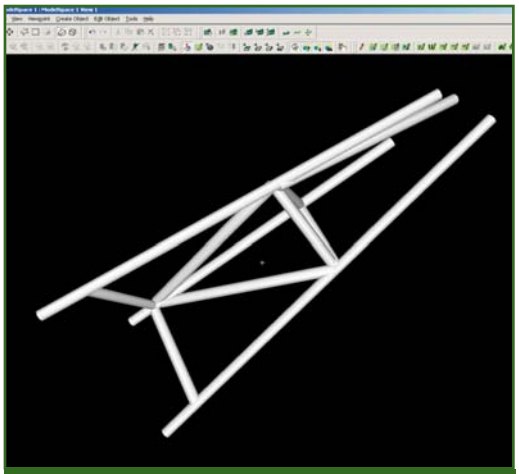

Рис. 5
Трехмерная модель резонатора

RESUME

Usage of the 3-D laser scanning technology provided by the Leica Geosystems AG for making design drawings, 3-D models and the relevant documentation for shipbuilding is considered. Scanning of a heavy aircraft carrier is given as an example. User-friendly interface of the HDS2500 scanner and the Cyclone software package as well as the accuracy provided are assessed.