

Защита металлургических машин от поломок. Сборник научных трудов. Мариуполь. -2002. Вып. №6. -С. 6-27. **3.** Большаков В.И., Цапко В.К. Проблемы защиты металлургических машин от поломок // Металлургическая и горнорудная промышленность. Днепропетровск: -1998. №3. -С. 89-91. **4.** Цапко В.К., Гриневич В.И., Махницкий И.Г. Проектирование деталей металлургических машин с заданными характеристиками долговечности // Металлургическая и горнорудная промышленность. Днепропетровск: -1997. №3. -С. 61-62. **5.** Патент 9233 Украина, МПК⁷ В 21 В 39 / Об. Задавач метала в калібри прокатної кліті: Ручко В.М., Руденко В.І. (Україна); ДонНТУ. - № u200501843; Заявл. 28.02.2005; Опубл. 15.09.2005, Бюл. № 9 2005 р.- 3 с. **6.** Ручко В.Н., Журба В.В. Определение кинематических и динамических характеристик соударения заготовки и ролика задатчика металла в валки прокатной клетки // Прогрессивные технологии и системы машиностроения, Донецк, ДонНТУ, -2006. Вып. № 31. С. 251 - 258. **7.** Производство заготовки на непрерывно-заготовочном стане «850-610-550». Технологическая инструкция (ТИ 235-П. 03-03-94). АО «Енакиевский металлургический завод». - Енакиево: ЦПИИ. - 1994.- 69 с. **8.** Добронравов В.В., Никитин Н.Н. Курс теоретической механики: Учебник для машиностроительных специальных вузов. – М. Высш. школа, 1983. – 575 с. **9.** Ручко В.Н., Руденко В.И., Ошовская Е.В. Конструкция и расчет устройства для задачи металла в валки прокатной клетки. – К., 2005. - 98 с. – Рус. – Деп. В ГНТБ Украины 03.10.05, №52 – Ук2005. – Реф в: РЖ Депоновані наукові роботи. – 2005.- № 1-2. **10.** Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. Учебное пособие для вузов. - М.: Металлургия. - 1969. - 464 с.

Сдано в редакцию 29.01.07

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОВЕРОЧНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КОРПУСА СУДНА

Савицкий И.А. (НУК им. С.О. Макарова, г. Николаев, Украина)

The analysis of devises for a dimension control in the shipbuilding is reviewed. The problems of using digital and optical devises at the allowance-free manufacturing and the manufacturing with excess are stated. The cost and accuracy of devises are showed. The man-hour analysis of measuring methods is complete.

The basic principles, merits and demerits of close-range photogrammetry are displayed. The requirements for development of a new device for Ukrainian shipyards are formulated.

Введение. Существенное влияние на параметры точности формирования корпуса судна оказывают методы выполнения проверочных работ. В настоящее время базовыми является методы, основанные на применении оптических приборов, прогрессивными – лазеров и цифрового оборудования и архаичными – классические методы с использованием ватерпаса и рулетки. Имеет место применение устройств комбинированного типа [1-5].

Каждый тип устройств имеет как достоинства так и недостатки, и выбор типа устройства, который будет наиболее эффективным в конкретных производственных условиях является непростой задачей.

Из оптических приборов наиболее пригодными для судового корпусостроения являются теодолиты. Они предназначены для измерения горизонтальных и

вертикальных углов. Теодолиты можно использовать для вертикального и горизонтального нивелирования, проектирования точек и пробивки прямых линий в пространстве.

Перечисленными операциями практически исчерпывается содержание проверочных работ (кроме измерения длин).

Опыт применения оптических методов с использованием универсальных оптических приборов типа теодолита показал, что эти приборы не вполне удовлетворяют требованиям всего комплекса проверочных работ по корпусу судна на построечном месте так как:

- не обеспечивают наклона вертикальной оси, необходимого при выполнении проверочных работ на наклонных стапелях;

- не имеют проекционной системы, а многие операции технологичней выполнять не в визуальном, а в проекционном режиме;

- оптическая схема приборов дает обратное изображение, что затрудняет считывание при определении положения корпусной конструкции.

Попытки устранить отмеченные недостатки путем модернизации теодолитов, например, использование проекционной насадки, оборачивающей насадки и усовершенствования штатива, положительных результатов не дали [5,6].

В связи с этим был создан прибор для выполнения проверочных работ на построечном месте – стапельный визир. Оптическая схема стапельного визира включает в себя две основные части: проекционно-визуальную и отсчетную, причем последняя, служащая для определения положения в вертикальной и горизонтальной плоскостях и выполнена по типу теодолита [5].

В настоящее время созданы различные устройства с лазерным источником излучения, предназначенные для выполнения всего комплекса проверочно-разметочных работ [2 – 4,7].

В общем случае такие устройства включают: лазерный излучатель, блок призм, штатив для держателей излучателя, блок питания, целевые знаки.

Принципиально иной тип прибора – лазерный сканер. При выполнении работ сканер просто наводится на цель и сохраняет неподвижность во время сеанса сканирования, охватывая при этом область 40° на 40° . Благодаря удобному устройству крепления на штативе сканер легко может быть направлен на любой объект в диапазоне 360° по горизонту и 195° по вертикали (от -90° до $+105^\circ$). Контроль наведения лазерного сканера на цель осуществляется при помощи встроенной цифровой фотокамеры.

Для работы сканера необходимо соответствующее программное обеспечение. Сканер обеспечивает точность определения расстояния ± 4 мм и точность определения пространственных координат ± 6 мм. Высокая автоматизация процесса измерений позволяет легко и быстро освоить управление прибором и полностью исключить ошибки наблюдателя. Лазерный сканер позволяет оперативно получать наиболее полную и достоверную информации. Применение лазерного сканирования в судостроении рассмотрено в [2,7].

К недостаткам систем на основе лазерного сканера можно отнести низкую точность измерений и высокую стоимость (без программного обеспечения и компьютерного оборудования она в 10 – 20 раз превышает стоимость оптических приборов, а стоимость полного комплекта готового к работе оборудования с установленным программным обеспечением, по прайс-листам производителя Leica Geosystems, составляет порядка 50000\$)

Разумным компромиссом являются электронные теодолиты. Эти устройства имеют простоту конструкции и дешевизну присущую оптическим средствам, предоставляя удобство работы аналогичное цифровым. Электронные теодолиты с успехом используются в Корее и Норвегии. Их стоимость сопоставима с оптическими теодолитами и составляет от 1000\$ до 4500\$ в зависимости от точности, уровня автоматизации и набора сервисных функций электронной части. На монитор теодолита выводится вся информация по измеряемым углам и расположению любой точки в пространстве. Сам электронный теодолит подключен к электронному блокноту, на котором оператор видит требуемые значения для корректировке измеряемых.

Видеограмметрия, фотограмметрия (эквивалентные отечественные понятия “индустриальная фотограмметрия” и “фотограмметрия близкого расстояния”), помимо выполнения стандартных процедур номенклатуры проверочных работ, является комплексным решением для снижения трудоемкости пригоночных работ на стапеле. Стоит отметить, что в англоязычных публикациях термины “фотограмметрия” и “видеограмметрия” тождественны, и при рассмотрении вопроса не принято жестко разделять методику по типу использованного оборудования будь-то фото- либо видео-камера. Принципиально не меняется ни назначение ни принцип работы, разница заключается в плотности видеопотока, что отражается на скорости и точности измерений.

Информация от разработчика подобных систем весьма скудна и доступна только в докладах участников специализированных конференций [8-10].

Для контуровочных работ видеограмметрия наиболее эффективна в комплексе с роботизированным комплексом для удаления припуска. Отечественные разработки позволяют в полной мере использовать возможности видеограмметрии в таких системах [11-12].

Суть применения видеограмметрии при сборке корпусных конструкций – это мгновенное получения данных на резку припуска контуруемых кромок без предварительного выравнивания секции в пространстве, а особенность – информационная связь с уже установленными в блок секциями и проектной базой данных. Существуют и другие сферы применения – это юстировка направляющих рельсов газо-плазменных резательных машин [8]. Здесь крайне критично время простоя, а проверка с помощью теодолита требует времени. Используя видеограмметрию, текущий контроль выполняется в моменты технического простоя машин, позволяя их эффективно использовать во времени. Установка отливок, таких как якорные клюзы, сама по себе непростая задача, которая может усложниться при заказе на других предприятиях. Контроль и устранение брака литья возможно непосредственно на предприятии исполнителе, в то же время работа по вырезке посадочных мест может производиться без наличия устанавливаемой детали.

Вопреки утверждениям разработчиков, процесс измерений приборами использующими принцип видеограмметрии требует определенного времени и аккуратности исполнения, так нанесение на ключевые точки конструкции светоотражающих мишеней в количестве 100 – 250 единиц представляет определенные трудности. Стоимость комплекта оборудования “V-STARS/E” имеющего точность измерений ± 0.8 мм, состоящего из переносного компьютера в индустриальном исполнении с необходимым программным обеспечением и цифровой видеокамеры разрешением 1.5 мегапикселя, составляет \$120000 [8]. Заявленная окупаемость в течение одного года, при более низких чем в США нормах оплаты труда судосборщиков, не будет однозначно гарантирована.

Несмотря на разнообразие типов устройств для проверочных работ, на многих предприятиях до сих пор эти работы выполняются исключительно при помощи ватерпаса и рулетки.

Цель работы исследование состояния вопроса на предприятиях Украины. Определение с учетом специфики предприятия наиболее перспективного метода проведения проверочных работ.

Основная задача – формулировка задания на создание отечественного прибора позволяющего заменить оптические приборы, и тем более ватерпас и рулетку.

Основное содержание и результаты работы. В результате решения прямой задачи размерной цепи, используя статистические данные погрешности оборудования предприятий “Damen Shipyard-Okean”, ГАХК “ЧСЗ”, ОАО судостроительный завод “Залив”, было установлено, что удовлетворить точности, предъявляемой к судовым корпусным конструкциям, используя измерительные средства, такие как ватерпас рулетка и отвес крайне сложно, а в случае необходимости обеспечения изготовления конструкций в чистый размер невозможно [13,14].

Точность, указанная в официальных документах к лазерным сканерам является предельной для существующих требований точности [13,14].

Вместе с тем только на одном предприятии из трех исследованных применяются оптические методы проведения проверочных работ на всех этапах, от контроля секций в цехе до удаления припуска (при его наличии) на предстапельной позиции.

Стоит отметить, что на сегодняшний день наиболее точными являются оптические приборы. Их основной недостаток значительная трудоемкость измерений, в сравнении с трудоемкостью работы с лазерными приборами и комплексами на основе фотограмметрии.

Из числа существующих методик проведения проверочных работ, видеограмметрия представляется наиболее приемлемой для замены существующих технологий.

Видеограмметрия имеет ряд преимуществ перед классическими оптическими методами, единственными доступными:

- традиционные методики позволяют проводить измерения одновременно только в одной плоскости, видеограмметрия дает трехмерные координаты и поддерживаются распространенным программным изображением;
- использование среды AutoCAD что позволяет использовать точные данные для резки непосредственно с проекта;
- персонал имеет текущую информацию, которая содержит остаточную величину припуска, разность между конструктивными элементами для высоты, полушироты и данных установки конструкции в требуемое положение, ключевое положение элементов (переборок, палую, стальной обшивки);
- комплексное достижение норм точности для проведения мероприятий по управлению качеством продукции.

Что касается лазерного сканирования, то большая трудоемкость видеограмметрии компенсируется более высокой точностью, причем существует потенциал ее повышения за счет увеличения разрешающей способности камеры, совершенствования программного обеспечения. Фотограмметрия нетребовательна к оборудованию и позволяет повышать качество измерений за счет изменения программного обеспечения, что дает некоторую гибкость системы.

Значительная часть стоимости систем видеограмметрии составляет исключительно стоимость программного обеспечения. Используя отечественные разработки, эта составляющая может быть значительно снижена.

Фотограмметрия – методика для 3-х мерного координатного измерения, которая базируется на принципах триангуляции. Получая изображение от, как минимум, двух различных положений камеры, можно установить связь от каждого положения камеры до точки на объекте представляющей интерес. Пересечение двух линий визирования может быть триангулировано для составления 3-х мерной координаты на объекте. Пара двумерных координат X , Y каждой точки на фотографии используется чтобы получить координатное измерение X , Y , Z каждой точки на объекте.

Однако измерения не ограничиваются единственной точкой. В теории нет предела числу точек, которые могут быть триангулированы. Типичное измерение может предоставить как несколько точек так и несколько тысяч.

Существуют два основных метода фотограмметрии, это стереофотограмметрия и сходящейся фотограмметрия.

Принцип стереофотограмметрии по существу сходен с принципом действия человеческого глаза состоящего в возможности восприятия глубины. Две фотографии выполняются с камер на параллельных осях, и затем фотографии совмещаются в специальном приборе названном стереокомпаратором. После процесса ориентации оператор может видеть две фотографии стереоскопически, (каждая фотография видится отдельным глазом) и представить объект как 3-х мерную модель. В трехмерной модели имеется измерительная отметка, чтобы оператор мог накладывать ее на поверхность модели и делать трехмерные измерения.

Индустриальная фотограмметрия использует принцип сходящейся фотограмметрии из-за отсутствия жестких условий размещения камеры при съемке, отсутствует необходимость оператору производить нацеливание на объект. Высокая степень зависимости от квалификации оператора требуемая в стереофотограмметрии и менее точные измерения делают ее мало конкурентной.

В Сходящейся фотограмметрии не пытаются использовать стереоскопические возможности человеческой зрительной системы для измерений. Вместо этого, фотографии отснятые с камер, оси которых наклонены друг к другу (в отличии от параллельных осей в стерео- методе) так, чтобы оси камер сходились или пересекались. Координаты легко измеряться, и опознаются на каждой из фотографий, комбинируются, позволяя составить 3-х мерные координаты точек. С целью достижения высокой степени автоматизации и точности в измерительном процессе, применяются высококонтрастные мишени, подсвечиваемые вспышкой и расположенные на или возле представляющих интерес точек на объекте. Такие элементы как щелевая мишень, грани, головки болтов, и т.д. могут использоваться вместо мишеней, однако фотографический процесс станет более сложным и менее пригодным к автоматизации, измерительный процесс замедлится, снизится точность. В отличии от стерео- метода, сходящийся метод, не ограничен использованием только двумя фотографиями объекта. Если необходимо, может быть выполнено множество фотографий, это даст более высокую точность и упростит измерения сложных объектов, которые не могут быть выполнены только с двух фотографий, идеальным решением является замена фотокамеры на видео [8].

С учетом специфики отечественных предприятий, проведя анализ экспертных оценок, изучив доступную информацию по зарубежному опыту использования лазерных и цифровых устройств для проведения проверочных работ установлено следующее:

Оптимальным устройством для отечественного судостроения будет являться система на основе цифровых технологий. В общем случае, физически это цифровая фотокамера с высоким разрешением, портативный компьютер, сконфигурированный

для скоростной обработки изображений, радиоканал для обмена информацией переносного терминала с сервером базы данных проекта. Виртуально – программное обеспечение обеспечивающие обработку изображения и расчета ключевых точек, сопоставление полученных и требуемых значений, получение таблицы разности для дальнейшей работы по механизированному устранению погрешностей, либо непосредственно управление роботом для удаления припуска при контуровке.

Прибор должен обладать следующими характеристиками:

Стоимость – (оборудование + программное обеспечение) до 10000\$

Точность измерений – $\pm 0.8-1.6$ мм

Принцип работы – сходящаяся фотограмметрия

Совместимость программного обеспечения – AutoCAD, Windows

Количество обрабатываемых точек – от 75

Крайне желательно решить проблему ключевых точек и отказаться от необходимости от их маркировки светоотражающими мишенями. Возможное решение это размещение ключевых точек на гранях, торцах балок, использование специального освещения.

В настоящий момент проводятся опыты по созданию лабораторного образца данного прибора.

Заключение. С появлением цифровых и лазерных систем измерений, расширилась сфера применения устройств измерения. Современный прибор для проведения проверочных работ позволяет не просто констатировать положение конструкции в пространстве, проверить ее геометрию, измерить, но и обработать полученные результаты. Более совершенные системы имеют функцию управления исполнительными механизмами, например роботами. Ввиду этого, а так же в силу экономических факторов (доли оплаты труда в стоимости судна) изменилась эффективность технологических решений, так более эффективным может оказаться изготовление конструкций со значительным припуском, заведомо компенсирующим существующие погрешности и последующей контуровкой с использованием средств автоматизации.

Выявлено, что из существующего оборудования для проведения проверочных работ, на отечественных предприятиях наиболее эффективными являлись бы устройства на основе фотограмметрии. Их основной недостаток значительная стоимость, может быть устранен разработкой отечественного устройства.

Отсутствие сведений об опыте применения фото- и видео-грамметрии при проведении контуровочных работ, вместо традиционных оптических методов в отечественном судостроении, заставляет обращаться за информацией к разработчику систем, поэтому достоинства и недостатки промышленного применения вряд ли могут являться гарантированно достоверными.

Вместе с тем понятие «индустриальная фотограмметрия» уже давно существует, и дает неплохие результаты, например в строительстве, поэтому довольно странно отсутствие энтузиастов применения этого метода в судостроении у нас в стране.

Проводимые лабораторные исследования помогут однозначно ответить на вопрос о возможности создания прибора с заданными характеристиками.

Список литературы: 1. Иванов Н.С. Справочник судового проверщика по применению оптико-механических устройств в судостроении. – Николаев: Тип. ЧСЗ, 1990. – 253 с. 2. Точность в судовом корпусостроении / В.Л. Александров, Л.Ц. Адлерштейн, В.В. Макаров, В.Ф. Соколов, Н.Я. Титов. – СПб.: Судостроение, 1994. – 171 с. 3. Буракин В.Н., Шереметьев Д.Н., Тюрин Ю.Н. Применение лазеров при разметочных и проверочных работах // Технология судостроения. 1980. №7 С. 15—17.

4. Проектирование и эксплуатация лазерных приборов в судостроении: Справочник / Е.Ф. Белов, Б.С. Губанов, В. Я. Зельченко и др. – Л.: Судостроение, 1986. – 336 с.
5. Постройка корпусов судов на стапеле: Справочник / Л. Ц. Адлерштейн, А. Я. Розин, В. Ф. Соколов, М.Р. Шраерман. – Л.: Судостроение, 1977. – 303 с.
6. Основы механизации и автоматизации судостроительного производства: Учебник/ Бавыкин Г.В., Доброленский В.П., Догадин А.В., и др.; под общ. ред. Соколова В.Ф. - Л.: Судостроение, 1989. -360с.
7. Применение трехмерного лазерного сканирования в отечественном судостроении В.П. Суетин, В.А. Кукушкин, В.А. Стародубов, М.Ю. Дружинин, С.Л. Серегин. // Геопрофи. 2005. №1. С. 16-19.
8. Johnson, G. W., Walker, H. F. Use And Implementation Of Digital Close-Range Photogrammetry to Enhance Competitiveness: Use, Application, And Cost Justification. // FAIM 97. Conference. – Middlesbrough, England. – 1997.
9. Fraser, C.S., Brown. D.C. Industrial Photogrammetry: New Developments and Recent Applications. // The Photogrammetric Record. –1986. – №12(68). – P.197 – 217
10. Maas Hans-Gerd, Kersten Thomas. // Digital Close Range Photogrammetry For Dimensional Checking and Control in a Shipyard. – VIDEOMETRICS 8. – 1994. – P. 18 –24
11. Серпов Б.И, Харлаб А.Ю. Сфера и эффективность роботизации технологических процессов в корпусообработывающем производстве // Технология судостроения. 1982. №11. С. 28-30.
12. Градецкий В.Г., Рачков М.Ю. Роботы вертикального перемещения. – М.: Тип. Мин. Образования РФ, 1997. – 223 с.
13. ОСТ5.9324-89. Комплексная система контроля качества корпуса металлических судов. Точность изготовления узлов и секций. – Введ. 01.01.91. – М.: Из-во стандартов, 1991. – 108 с.
14. IACS. International Association of Classification Socialites. –London. – 1996. – 62 p.

Сдано в редакцию 31.01.07

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ ГІДРОРІЗНОГО ВЕРСТАТА ІЗ СИСТЕМОЮ КОНТРОЛЮ ЗОНИ СТРУМИННОЇ ЕРОЗІЇ

Саленко О.Ф., Антоненко О.В. (Кременчуцький державний політехнічний університет)

Materials of researches, directed on development of theory of structural analysis of decisions of arrangements in the area of machine-tool construction are presented in the article, in particular, machine-tools for gidro jetting. New theoretical positions which are based on the account of spatial position of instrument and control chains are described, new technical decisions, and also mathematical models of work of separate knots and systems of machine-tool, are presented.

Створення нових машин та обладнання, яке реалізує високоефективні фізико-технічні явища для формоутворення заготовок і деталей є перспективним напрямком розвитку сучасного машинобудування. Серед таких машин активно розширюється сектор верстатів для струминного різання конструкційних неметалевих матеріалів. Володіючи високою різальною спроможністю, струмись рідини, що витікає із сопла з надзвуковою швидкістю, виконує контурне різання, уподібнюючись до ідеалізованого точкового інструменту безперервної дії.

Не зважаючи на те, що досліді щодо активізації процесу ведуться з 60-х років минулого сторіччя, наразі не існує систем автоматичного адаптивного керування процесом, а представлені на ринку гідrorізні верстати мають переважно типове порталне компонування (рис.1). Вважається, що головною причиною відсутності