

УДК 629.735:533.6

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ БЛОКА V-ОБРАЗНОГО ДИЗЕЛЯ 1А5Д49 ПОСРЕДСТВОМ ПОРТАТИВНОГО СТАНОЧНОГО МОДУЛЯ С ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ (ЛАЗЕРНОЙ) СИСТЕМОЙ БАЗИРОВАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЙ****<sup>1</sup>Копылов Ю.Р., <sup>2</sup>Бирюков М.И.**<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,**Воронеж, e-mail: urkopulov@mail.ru;*<sup>2</sup>*ООО «НПП Измерон-В», Воронеж*

В настоящей статье исследуются цифровые технологии механической обработки (расточиванием) изношенных посадочных отверстий вкладышей подшипников скольжения коленчатого вала V-образного блока корабельного мощного дизеля 1А5Д49 мощностью около 4000–6000 кВт на базе дислокации кораблей с применением портативного станочного модуля с оптоэлектронной (лазерной) системой базирования, измерений и обработки в непроизводственных условиях. Применение лазерно-информационной системы измерения позволяет определить отклонения базовых изношенных поверхностей отверстий вкладышей коренных шеек подшипников скольжения коленчатого вала (овальности) в деформированном блоке дизеля 1А5Д49 от номинального положения в лазерной системе координат XYZ. По результатам измерений выбираются оптимальные опорные постели для построения теоретической оси Z с минимальным отклонением ее от соосности поверхностей постелей вкладышей коленчатого вала деформированного блока дизеля 1А5Д49. Полученные оптимальные значения используются для компьютерного пересчета отклонений dX и dY и минимизации припусков под растачивание. Тем самым уменьшается количество настроек портативного станочного модуля при растачивании. Далее портативный станочный модуль базируется в лазерной системе координат на блоке дизеля посредством установленных на нем центроуказателей с фотоприемниками и выполняет размерное растачивание изношенных постелей отверстий вкладышей в деформированном блоке дизеля. Это позволяет восстанавливать изношенные и деформированные поверхности до номинальных значений на базе дислокации вне заводского производства в соответствии с требованиями чертежа.

**Ключевые слова:** лазерная измерительная система, дизельный двигатель 1А5Д49, портативный станочный модуль**THE DIGITAL PROCESSING BLOCK OF A V-TYPE DIESEL 1A5D49 THROUGH PORTABLE MACHINING MODULE WITH OPTO-ELECTRONIC (LASER) SYSTEM DEPLOYMENT AND MEASUREMENT****<sup>1</sup>Kopylov Yu.R., <sup>2</sup>Biryukov M.I.**<sup>1</sup>*Voronezh State Technical University, Voronezh, e-mail: urkopulov@mail.ru;*<sup>2</sup>*LLC NPP Izmeron-V, Voronezh*

In this paper the digital technologies of mechanical processing (boring) worn the planting holes of the bearings of the crankshaft of the V-shaped block of the powerful ship diesel 1A5D49 capacity of about 4000-6000 kW on the basis of deployment of vehicles using portable machining module with opto-electronic (laser) system-based measurements and processing outside of the production environment. The use of laser-information measurement system allows to determine the deviation of the basic worn surfaces of the holes of the inserts of the main bearing necks of the crankshaft sliding (ovality) in the deformed diesel block 1A5D49 from the nominal position in the laser coordinate system XYZ. The results of measurements of optimal reference bed for the construction of the theoretical Z-axis with minimal deviation from the parallel alignment of the surfaces of the beds of the crankshaft bearings of the deformed unit diesel 1A5D49. The obtained optimal values are used for computer recalculation of DX and dY deviations and minimization of boring allowances. This reduces the number of settings of the portable machine module when boring. Next portable machining module is based in the laser coordinate system on the block of a diesel engine by means installed on it centroid area with photodetectors and performs dimensional and boring of worm beds of the holes of the inserts in a deformed block of the diesel engine. It allows to restore the worn and deformed surfaces to nominal values on the basis of dislocation out of factory production according to requirements of the drawing.

**Keywords:** laser measuring system, diesel engine 1A5D49, portable machine module

Дизельный двигатель 1А5Д49 применяется в кораблестроении. В зависимости от количества цилиндров, мощность составляет 4000–6000 кВт. При поломках часто возникает необходимость капитального ремонта, что не всегда выполнимо во внезаводских условиях из-за отсутствия стационарного станочного оборудования.

Наиболее частый ремонт возникает в связи с нарушением соосности посадоч-

ных отверстий вкладышей коренных подшипников скольжения коленчатого вала и деформации блока дизеля.

Наиболее часто ремонт производится на заводе – изготовителе дизеля 1А5Д49. В ряде случаев возникает острая необходимость ремонта дизеля на базе дислокации кораблей вне заводского производства. Для проведения таких ремонтов без стационарного станочного оборудования необходи-

мо иметь портативные средства измерения и обработки.

В настоящей работе представлены результаты исследования погрешностей соосности изношенных посадочных отверстий вкладышей подшипников скольжения и перпендикулярности осей гильз цилиндров относительно продольной оси коленчатого вала V-образного блока корабельного мощного дизеля 1А5Д49 мощностью более 4000 кВт посредством портативного станочного модуля с оптоэлектронной (лазерной) системой измерений и базирования [1].

Научной новизной исследований, представленных в настоящей статье, является научное обоснование замены аналоговой системы измерений на более точную цифровую систему измерений и базирования с использованием растровой системы преобразования линейных перемещений в цифровую информацию с обработкой результатов измерений, базирования и обработки на ПЭВМ, и применение портативного станочного модуля для обработки крупногабаритных изделий вне основного производства.

В отверстие вкладышей с одного из торцов блока дизеля устанавливается лазерный излучатель [2]. С другой стороны блока дизеля в отверстие устанавливается

базовый центроуказатель. Для определения перпендикулярности отверстий гильз цилиндров в середине блока в промежуточные посадочные отверстия вкладышей устанавливается мост поворота лазерного пучка. А в отверстие гильзы цилиндры поочередно в правую и левую часть блока устанавливается центроискатель с фотоприемником (рис. 1).

Лазерный пучок проходит через мост поворота лазерного пучка, где раздваивается на два перпендикулярно направленных лазерных пучка. Один пучок без преломления попадает на базовый центроуказатель отверстий постелей подшипников скольжения, тем самым определяется отклонение соосности отверстий постелей от номинальной. Второй перпендикулярный пучок попадает в фотоприемник центроискателя, установленный в отверстие гильзы цилиндра, и определяет погрешность перпендикулярности оси цилиндров относительно продольной оси коленчатого вала. Измерение осей цилиндров левой и правой части блока выполняется поочередно при повороте пентапризмы моста и перестановки центроискателей. На рис. 1 условно показано только одно правое направление перпендикулярно лазерного пучка гильз цилиндров.

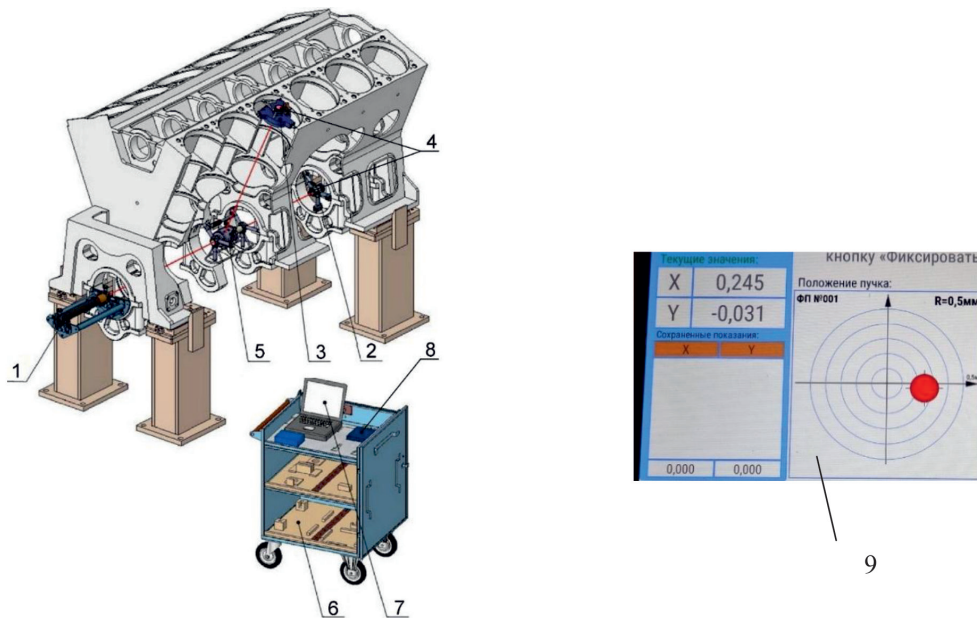


Рис. 1. Схема компоновки лазерной системы измерения размеров, формы и расположения посадочных отверстий вкладышей подшипников скольжения коленчатого вала V-образного блока корабельного мощного дизеля 1А5Д49 (условно показано только одно правое направление перпендикулярного лазерного пучка гильз цилиндров): 1 – излучающий модуль; 2 – центроуказатель; 3 – центроискатель; 4 – фотоприемник; 5 – мост оптический поворотный; 6 – тумбочка передвижная; 7 – персональный компьютер (ноутбук); 8 – блок сопряжения; 9 – интерфейс измерений центра осей постелей вкладышей подшипников скольжения коренных шеек коленчатого вала в блоке дизеля 1А5Д49

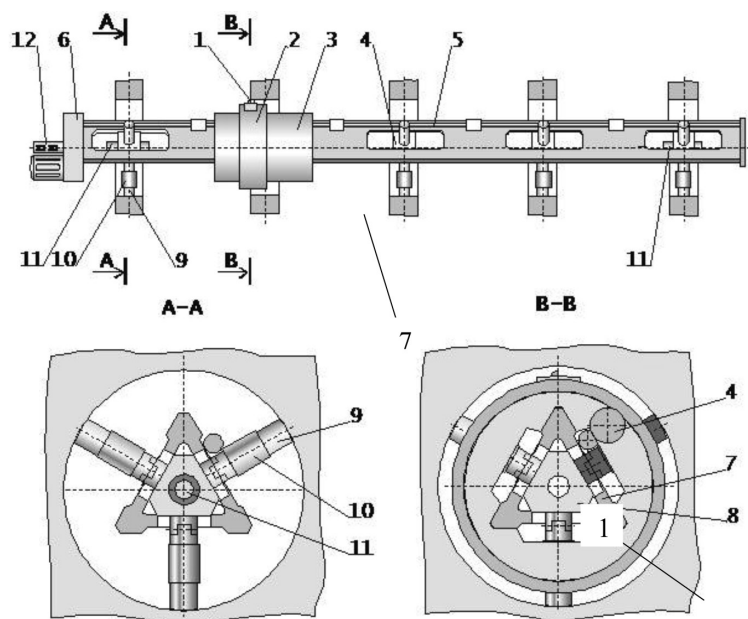


Рис. 2. Компонентная схема портативного станочного модуля для расточной обработки поверхностей отверстий постелей вкладышей коренных подшипников коленчатого вала дизеля 1А5Д49: 1 – резец; 2 – вращающееся кольцо; 3 – корпус расточной головки; 4 – шестерня; 5 – приводной вал; 6 – редуктор; 7 – опорная штанга; 8 – упорный механизм; 9 – упорные лапки; 10 – регулировочный механизм; 11 – фотоприемное устройство; 12 – лазерный излучатель

Портативный станочный модуль, предназначенный для расточной обработки поверхностей отверстий постелей вкладышей коренных подшипников коленчатого вала блока дизеля 1А5Д49, аналогичен, как и для двигателя 10Д100 (рис. 2). Базирование модуля в блоке цилиндров осуществляется путем совмещения лазерного пучка лазерной информационной системы с центром фотоприемного устройства 11.

Портативный станочный модуль посредством опорной штанги 7 и упорных лапок 9 устанавливается в растачиваемом отверстии постели. На опорной штанге 7 установлен корпус расточной головки 3 с вращающимся кольцом 2 с твердосплавным резцом 1, которые получают вращение от приводного вала 5 через редуктор 6. Продольная подача кольца 2 с резцом 1 осуществляется ходовым винтом.

Излучающий модуль (рис. 3) предназначен для получения базового лазерного пучка и встраивания его в ось постелей коленчатого вала блока дизеля. Излучающий модуль состоит из излучателя, основания и кронштейна.

В составе излучателя применяется газовый лазер типа ГН-3 или полупроводниковый лазерный модуль LDM. Возможно применение полупроводниковых лазеров другой модели [3]. Данные типы лазеров

рекомендуются для использования в качестве источника одномодового когерентного излучения совместно с фотоприемником двухкоординатным измерительным, выполняющим функцию отсчетного устройства.

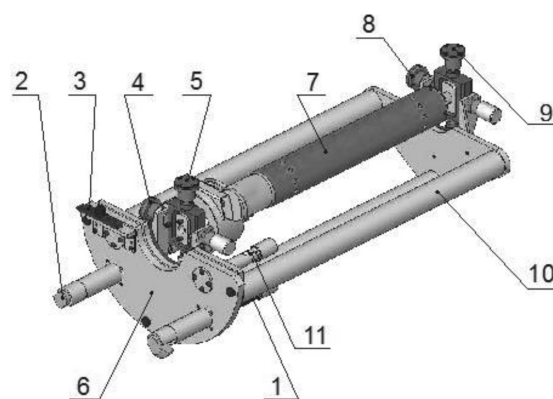


Рис. 3. Излучающий модуль на основе газового лазера: 1 – рукоятка затяжки основания; 2 – прижим; 3 – цуп; 4, 5 – ручки переднего регулировочного узла для перемещения излучателя по горизонтали и вертикали соответственно; 6 – основание излучателя; 7 – излучатель; 8, 9 – ручки заднего регулировочного узла для перемещения лазерного пучка по горизонтали и вертикали соответственно; 10 – кронштейн; 11 – рукоятка зажима кронштейна

На основании 6 излучателя расположены два прижима 2, устанавливаемые на цилиндрическую поверхность постели. При затягивании рукоятки 1 основание 6 фиксируется прижимом 2 на постели. Щуп 3 предназначен для фиксированной установки излучающего модуля на постели. Кронштейн 10 с излучателем 7 крепится на основании 6 рукоятками 11.

На кронштейне 10 размещены передний и задний регулировочные узлы, в которых закреплен излучатель. Ручками 4, 5 и 8, 9 осуществляется перемещение излучателя для встраивания лазерного пучка по двум координатам (X, Y).

*Мост оптический поворотный* (рис. 4) предназначен для поворота базового лазерного пучка на  $90^\circ$ , с помощью установленной в нем пентапризмы [4], поочередно в левую и правую часть блока дизеля. Мост используется совместно с центроискателем для контроля перпендикулярности и относительной соосности поясов цилиндрических втулок.

Основными элементами моста являются основание 3, крестовина левая 1 и правая 2, штанга 4 и оптический блок с регулировочными ручками. Конструктивно мост оптический поворотный выполнен следующим образом. На цилиндрическом основании 3 размещены две опорные крестовины 1, 2 (левая и правая) и корпус оптического блока 5, внутри которого размещена пентапризма 12. На корпусе 5 имеются ручки 6 и 7 поперечного и продольного перемещения лазерного пучка.

Мост устанавливается крестовинами на соседние постели подшипников коленчатого вала для поворота базового лазерного

пучка, получаемого от излучателя, в область поясов цилиндрических втулок. Мост для дизеля 1А5Д49 в отличие от оптического моста для дизеля 10Д100 имеет стопорный шарик, фиксирующий мост в двух положениях. При этом лазерный пучок направляется вдоль одной из осей поясов цилиндрических втулок (рис. 4).

В каждом из рабочих положений мост устанавливается на цилиндрические поверхности двух соседних постелей и упирается упором в крышки коренных подшипников. При этом базирование моста в продольном направлении выполняется прижатием упора 11 на левой крестовине к нижней части постели. Базирование моста относительно горизонтальной плоскости выполняется выдвиганием острия упора 10 в зазор между крышкой коренного подшипника и корпусом блока дизеля. Фиксация моста выполняется поворотом штанги 4 до разворота флажка на ее рукоятке наружу (в направлении выдвигания штоков на опорных ножках правой и левой крестовин). При этом распорное усилие на правой и левой крестовинах создается одновременно.

*Центроуказатель* (рис. 5, а) предназначен для определения расстояния от оси базового лазерного пучка до поверхности постели в направлениях, заданных опорными ножками центроуказателя.

Центроуказатель представляет собой приспособление, имеющее две опорные ножки 3 с валиками 2 и подпружиненный шток 7, фиксирующий центроуказатель в месте установки. В центроуказателе предусмотрено отверстие для установки фотоприемника с фиксатором 4.

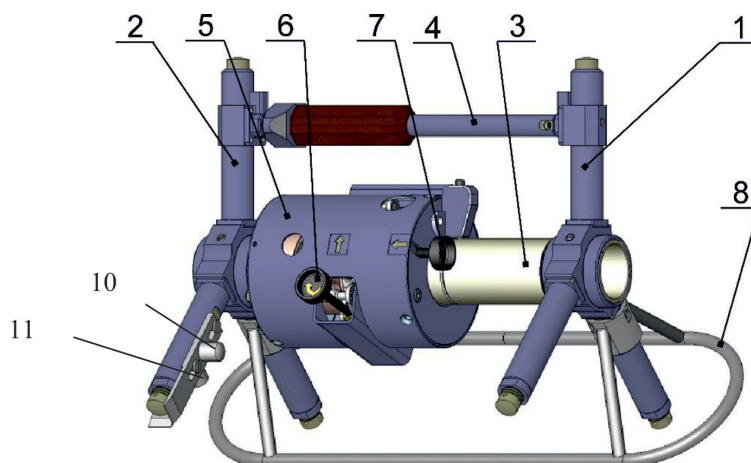


Рис. 4. Мост оптический поворотный для дизеля 1А5Д49: 1 – крестовина правая; 2 – крестовина левая; 3 – основание; 4 – штанга; 5 – корпус оптического блока; 6 – ручка поперечного перемещения лазерного пучка; 7 – ручка продольного перемещения лазерного пучка; 8 – ограждающая рамка; 9 – фиксатор положения крестовины; 10, 11 – упор; 12 – пентапризма



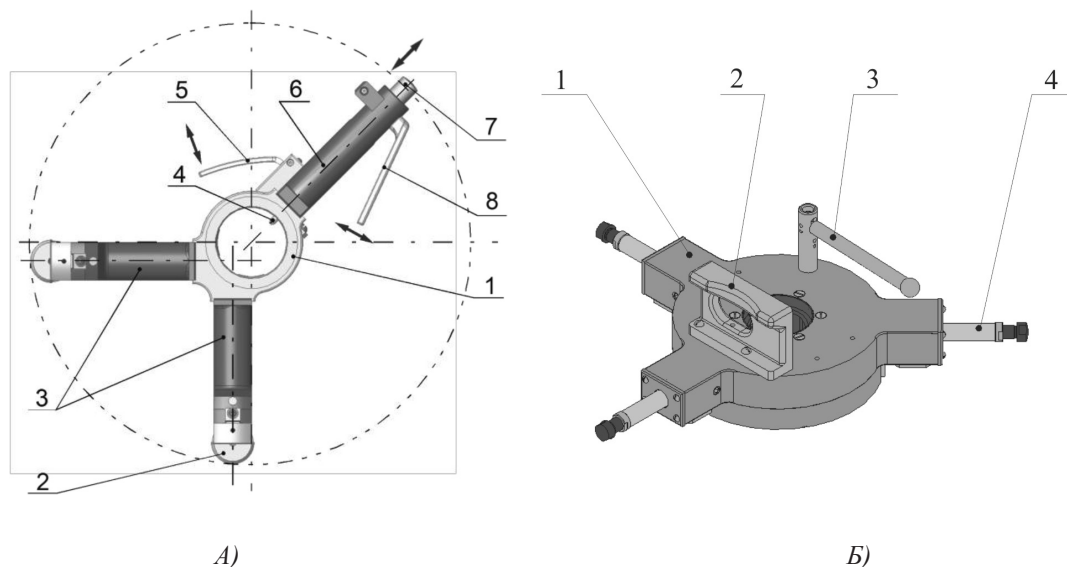


Рис. 5. А) Общий вид центроуказателя (без фотоприемника) (а): 1 – втулка; 2 – валик опорный; 3 – опорные ножки; 4 – фиксатор фотоприемника; 5 – рычаг фиксатора фотоприемника; 6 – ножка; 7 – шток; 8 – рычаг штока; Б) Общий вид центроискателя (без фотоприемника) (б): 1 – корпус; 2 – упор для руки; 3 – ручка отвода штоков; 4 – шток

Две опорные ножки 3 выполнены под углом  $90^\circ$  друг к другу. На ножках с возможностью регулировки их по длине закреплены опорные валики 2. Оси опорных ножек 3 параллельно смещены от осей охватываемой окружности на 11 мм во избежание попадания опорных валиков 2 в стык опоры и крышки постели. Под углом  $135^\circ$  к каждой из опорных ножек размещена ножка 6 со штоком 7 и рычагом 8. Фиксатор 4 фотоприемника приводится в действие с помощью рычага 5.

Устанавливать крестовину двухопорную в постель коленчатого вала необходимо по осям фотоприемника, обозначенным на его крышке, при этом луч лазерного излучателя должен попасть в приемное окно фотоприемника. Ось X фотоприемника должна быть параллельна горизонтальной опорной ножке, а ось Y – параллельна вертикальной опорной ножке и направлена вверх.

Центроискатель (рис. 5, б) с фотоприемником предназначен для определения положения осей поясов цилиндрических втулок относительно оси повернутого в вертикальную плоскость лазерного пучка.

Центроискатель представляет собой приспособление, имеющее три подвижных штока 4, фиксирующих его в месте установки.

В корпусе центроискателя 1 с возможностью радиального перемещения размещены штоки 4. В контролируемом поясе штоки выводятся из корпуса под действием единого рычажно-кулачкового механиз-

ма. Механизм устроен таким образом, что штоки выходят одновременно на равные расстояния от центра посадочного отверстия под фотоприемник. Механизм также центрирует фотоприемник, установленный в отверстие корпуса центроискателя.

Перед установкой в отверстие пояса штоки вводятся в корпус центроискателя 1 ручкой отвода штоков 3. Для удобства эксплуатации в центроискателе предусмотрен упор 2 для руки.

### Выводы

1. Сделанное научное обоснование позволяет заменить аналоговые системы более точной цифровой системой измерения и базирования за счет растровой системы преобразования линейных перемещений в цифровую информацию с обработкой результатов измерений, базирования и обработки на ПЭВМ, что позволяет свести до минимума вредное воздействие квалификации оператора на точность.

2. Применение портативного станочного модуля с базированием в технологической системе координат по лазерному пучку позволяет обрабатывать изношенные поверхности крупногабаритных изделий вне основного производства без использования стационарных агрегатных станков.

3. Применение лазерно-информационной системы измерения позволяет определить отклонения базовых изношенных поверхностей отверстий вкладышей коренных

шеек подшипников скольжения коленчатого вала (овальности) в деформированном блоке дизеля 1А5Д49 от номинального положения в лазерной системе координат XYZ.

4. По результатам измерений выбираются оптимальные опорные постели для построения теоретической оси Z с минимальным отклонением ее от соосности поверхностей постелей вкладышей коленчатого вала деформированного блока дизеля 1А5Д49. Полученные оптимальные значения используются для компьютерного пересчета отклонений dX и dY и минимизации припусков под растачивание. Тем самым уменьшается количество настроек портативного станочного модуля при растачивании.

5. Далее портативный станочный модуль базируется в лазерной системе координат на блоке дизеля посредством установленных на нем центральных указателей с фотоприемниками и выполняет размерное растачивание изношенных постелей отверстий вкладышей в деформированном блоке дизеля. Это позволяет восстанавливать изношенные и деформированные поверх-

ности до номинальных значений на базе дислокации вне заводского производства в соответствии с требованиями чертежа.

6. Контроль и измерение размеров поверхностей после расточной обработки также выполняется посредством лазерно-информационной системы [5].

#### Список литературы

1. Бирюков М.И., Копылов Ю.Р. Структура лазерной системы контроля геометрических параметров блоков дизелей // Автоматизация и информатизация в машиностроении: сборник трудов 1-й электронной международной научно-технической конференции. Тула, 2000. С. 118–119.
2. Зубарев Ю.М., Косаревский С.В., Ревин Н.Н. Автоматизация координатных измерений: учеб. пособие. СПб.: Изд-во ПИМаш, 2011. 160 с.
3. Шемяков В.И. К вопросу определения геометрии крыла транспортного воздушного судна в полете // Научный вестник МГТУ ГА. 2015. № 212. С. 60–65.
4. Корнев А.В. Актуальность внедрения современной аппаратуры размерного контроля на принципах лазерного сканирования на основных этапах судостроительного производства // Судостроение. 2013. № 4. С. 86–90.
5. Гришанов В.Н., Ойнонен А.А. Современные лазерные системы в производственном цикле космической технике // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2012. № 1 (32). С. 24–35.