

DOI: 10.15593/2224-9877/2015.4.11

УДК 681.5

С.А. Касимов, Е.М. СамойловаСаратовский государственный технический университет
им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов, Россия

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ

Рассмотрение ряда машиностроительных предприятий выявило крайне низкую их техническую оснащенность методами и средствами контроля основных деталей двигателей внутреннего сгорания: распределительных валов, коленчатых валов и сопутствующих деталей. Существующие сегодня средства автоматизации размерного контроля – координатно-измерительные машины традиционного исполнения в виде трехкоординатных устройств с перемещениями измерительных головок касания по координатам X , Y , Z – не приспособлены для контроля тел вращения, поэтому актуальными являются исследования, направленные на повышение точности и производительности контроля этих деталей и IT-вооружение специалистов быстродействующими автоматизированными методами и средствами объективного контроля в соответствии с требованиями современного производства.

Преимуществом и особенностью автоматизированной системы интеллектуального мониторинга изготовления распределительных валов является то, что, помимо проведения основных этапов замеров и возможности принятия решения о качестве обработки изделия, система может оперативно сообщать об отклонениях на этапах контроля, сопровождая данную информацию рекомендациями.

Подсистема мониторинга точности изготовления распределительных валов состоит из системы сбора данных, включающей устройства связи с объектом; системы принятия решений; базы данных и базы знаний. Устройство связи с объектом представляет собой устройство для объединения аналоговых и цифровых параметров реального технического объекта. База данных представляет собой постоянное пополняемое хранилище информации, в данном случае эталонной конструкторской документации о технологии изготовления изделия и значений контролируемых, а также фактически измеренных параметров. База знаний содержит структурированную информацию экспертов для использования с конкретной целью: она предназначена для поиска способов решения проблем из некоторой предметной области на основе записей базы знаний и пользовательского описания ситуации.

Внедрение системы интеллектуального мониторинга позволяет повысить эффективность контроля в несколько раз, обеспечить корректировку технологического процесса на этапах изготовления изделия, что в значительной степени сократит возможность появления брака, тем самым повысив качество выпускаемой продукции.

Ключевые слова: интеллектуальный мониторинг, автоматизация, система, контроль, распределительный вал, обработка, машиностроение, двигателестроение, параметр, поверхность вращения, размерный контроль, точность, производительность, замер, система принятия решений, база данных, база знаний, эффективность, технологический процесс, качество.

S.A. Kasimov, E.M. Samoilova

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
Saratov, Russian Federation

AUTOMATED INTELLIGENT MONITORING OF MANUFACTURING CAMSHAFTS

A study of several machine-building enterprises showed a very low technical equipment of the methods and means of control of main parts of internal combustion engines – camshafts, crankshafts and related parts. Existing automation tools for dimensional inspection – coordinate measuring machine of traditional design in the form of a three-axis devices with the movements of the measuring head of the touch coordinates X, Y, Z are not adapted for control of rotation bodies. So important are studies aimed at improving the accuracy and productivity of control of these parts and IT weapons designer, technologist, manufacturer or controller of high-speed automated methods and means of objective control in accordance with the requirements of modern production.

Advantage and feature of the automated system of intelligent monitoring of manufacturing camshafts. is that in addition to the basic stages of measurements and the possibility of making decisions about the quality of product processing, the system can promptly inform about the deviations in the phases of monitoring, accompanying this information with the recommendations.

Subsystem of monitoring of precision manufacturing of camshafts consists of: data collection system, including the communication device with the object; the decision-making system database and knowledge base. OFSTED are devices for the consolidation of analog and digital parameters of the real technical object. The database is constantly replenished "information store" in this case, the reference design documentation on the manufacturing technology of the product and the values of monitored parameters and actual measurement. The knowledge base contains structured information experts, for use for a specific purpose. Knowledge base is designed to find ways of solving problems from a particular subject area, based on BLM records and on the user's description of the situation. The introduction of a system of intelligent monitoring allows to increase the effectiveness of control several times, to ensure the correction of the technological process at the stages of product manufacturing that will greatly reduce the possibility of marriage, thereby increasing the quality of the products.

Keywords: intelligent monitoring, automation, system, control, camshaft, processing, engineering, information technology, parameter, surface of revolution, dimensional control, accuracy, performance, measurement, decision making system, database, knowledge base, efficiency, process, quality.

Одним из важных направлений развития современного машиностроения является двигателестроение, в том числе производство двигателей внутреннего сгорания. Современный двигатель внутреннего сгорания (автомобильный, тракторный) содержит несколько сотен деталей, до 60–70 % которых составляют тела вращения, важнейшим из них, определяющим технико-экономические характеристики двигателя, является распределительный вал. Вал содержит несколько десятков контролируемых параметров, таких как профиль кулачка, опорная шейка, впускные и выпускные кулачки, расположение впускных и выпускных кулачков и др. Особенностью вала является то, что большая

часть контролируемых параметров образована поверхностями вращения, и по техническим условиям измерения должны выполняться при повороте изделия [1].

Рассмотрение ряда машиностроительных предприятий выявило крайне низкую их техническую оснащенность методами и средствами контроля основных деталей двигателей внутреннего сгорания: распределительных валов, коленчатых валов и сопутствующих деталей. Существующие сегодня средства автоматизации размерного контроля – координатно-измерительные машины традиционного исполнения в виде трехкоординатных устройств с перемещениями измерительных головок касания по координатам X , Y , Z – не приспособлены для контроля тел вращения. В связи с этим актуальными являются исследования, направленные на повышение точности и производительности контроля этих деталей и IT-вооружение конструктора, технолога, изготовителя и контролера быстродействующими автоматизированными методами и средствами объективного контроля в соответствии с требованиями современного производства.

Вопросами активного контроля в машиностроении занимались такие ученые, как Е.И. Педь, А.В. Высоцкий, В.М. Машинистов, А.В. Хуртасенко и ряд других. При этом решались следующие задачи:

– разработка теоретических основ технологии с использованием методов активного контроля крупногабаритных деталей в процессе их обработки;

– реализация технологии восстановительной обработки с использованием методов активного контроля.

Исследования в области контроля деталей типа тела вращения проводились Б.С. Бражкиным [2]. Им был разработан и исследован новый координатный метод контроля сложнопрофильных деталей типа тел вращения, таких как распредвал и коленвал двигателя внутреннего сгорания, на базе измерения с помощью плоского, точечного или роликового толкателя. Разработки, выполненные Б.С. Бражкиным, позволили существенно повысить точность контроля, производительность и значительно расширить возможность измерения, в особенности кулачковых валов и коленвалов.

Одним из наиболее серьезных недостатков в ряде случаев является отсутствие влияния контроля изделия на технологический процесс (ТП). Вследствие этого актуальным становится создание интеллекту-

альной системы, которая в случае разрядки ТП даст сигнал, на каком этапе изготовления была допущена ошибка.

Цель работы – разработка системы интеллектуального мониторинга точности изделия (в частности, кулачковых валов и коленвалов), минимизирующей разрядку на всех этапах ТП.

Процесс производства можно представить в виде преобразования входа (материал, информация, технология) в выход (деталь, изделие), как показано на рис. 1 [3].

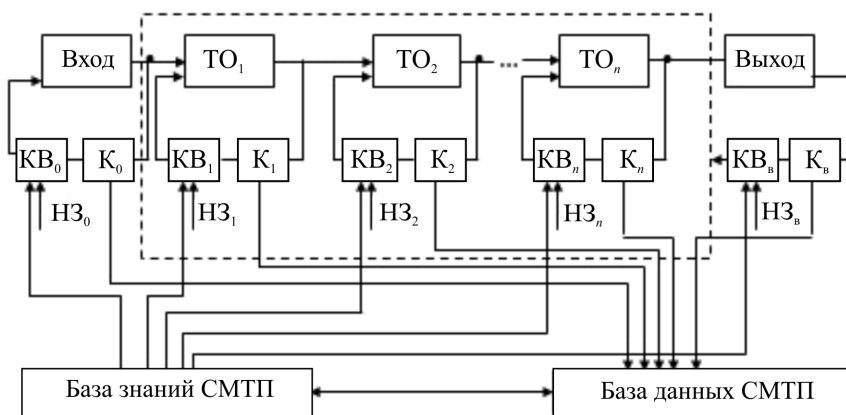


Рис. 1. Схема контроля технологического процесса и оборудования в структуре системы мониторинга: TO_1, \dots, TO_n – технологические операции; $K_0, K_1, \dots, K_n, K_b$ – операции контроля; $KB_0, KB_1, \dots, KB_n, KB_b$ – корректирующие воздействия; $НЗ_0, НЗ_1, \dots, НЗ_n, НЗ_b$ – нормативные значения параметров

Прибор КИП-1 (рис. 2) предназначен для контроля распределительных валов и используется в лабораториях производства и поэтому оснащен дополнительной программой для контроля шести типов серийных валов. Прибор включает в себя измерительную станцию 1 и стол оператора 12. Измерительная станция состоит из станины 9, на которой укреплены делительная головка 6, задняя бабка 8 и измерительная каретка (длинномер) 7. В столе оператора размещается блок управления станцией 13 и блок управления приводом 14. На столе оператора размещается ПЭВМ 11 и печатающее устройство 10. С целью автоматизации измерений на столе установлен электродвигатель 2 с редуктором 4, датчиком угла поворота 3 и электронным датчиком измерения измерительного щупа 5.

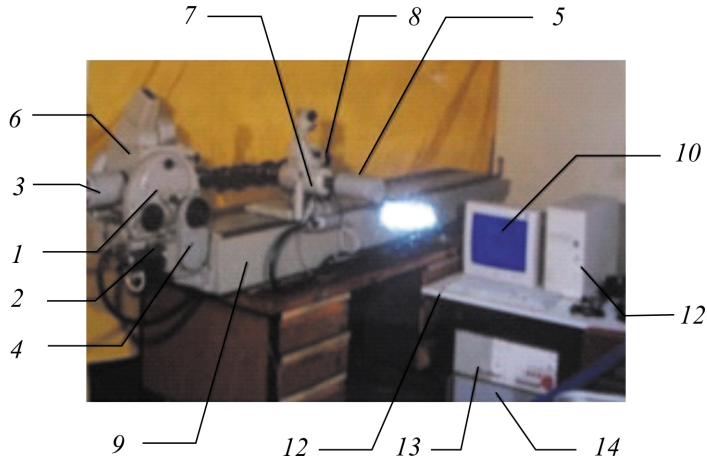


Рис. 2. Общий вид прибора КИП-1

Подсистема мониторинга точности изготовления распределительных валов (рис. 3) состоит из системы сбора данных (ССД), включающей устройства связи с объектом (УСО); системы принятия решений (СПР), базы данных (БД) и базы знаний (БЗ) [4–6].

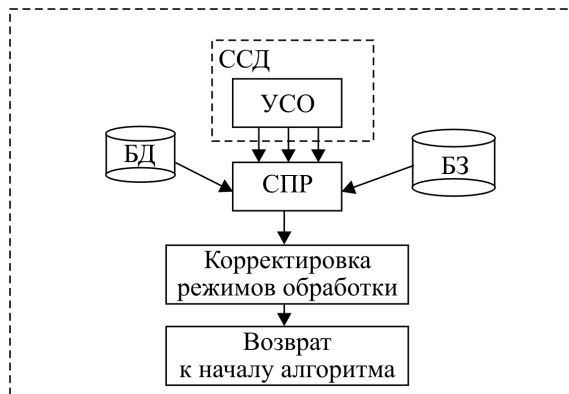


Рис. 3. Подсистема мониторинга точности изготовления распределительных валов

УСО представляют собой устройства для объединения аналоговых и цифровых параметров реального технического объекта.

БД представляет собой постоянное пополняемое хранилище информации, в данном случае эталонной конструкторской документации о технологии изготовления изделия и значений контролируемых, а также фактически измеренных параметров.

База знаний содержит структурированную информацию экспертов для использования с конкретной целью: она предназначена для поиска способов решения проблем из некоторой предметной области на основе записей БЗ и пользовательского описания ситуации. Все вместе они представляют собой измерительный щуп ТС-53 [7].

Выбор измерительного щупа ТС-53 для контроля точности изготовления распределительного вала как высокоточного серийного изделия является весьма актуальным в современном производстве, поскольку измерительный щуп – инструмент для измерения малых величин (мкм). Он представляет собой набор тонких металлических пластинок различной толщины с нанесенным на них размером (толщина пластинки). В зазор автоматически вводятся пластинки набора до тех пор, пока следующая по толщине пластинка не перестает помещаться в измеряемый зазор. Щуп ТС-53 (рис. 4) относится к серии модульных инфракрасных сенсорных датчиков с усовершенствованным неизнашивающимся измерительным механизмом shark360, увеличенным сроком службы батареи и прочной конструкцией [8].

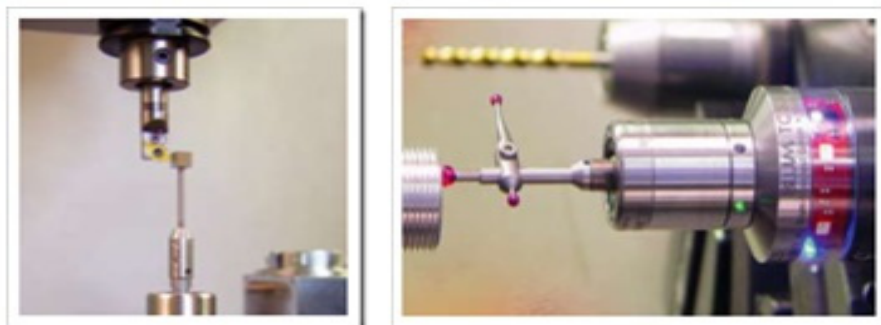


Рис. 4. Общий вид щупа ТС-53

В блоке СПР происходит обработка полученной информации от ССД с учетом содержимого БД, БЗ и формируется решение об объекте. Схема работы щупа представлена на рис. 5.

После подключения и включения всех устройств, а также проверки и соблюдения всех технических условий система работает согласно алгоритму, представленному на рис. 6 [9]. Следует ввести исходные и начальные значения, установить каретку измерений и измерительный щуп в нулевые положения, необходимые для начала измерений. Следующим шагом необходимо активировать программу измерений.

Затем происходят замеры. В ходе измерений могут произойти сбои в работе из-за системной ошибки оборудования или из-за ошибки в техпроцессе. В случае ошибки по той или иной причине необходимо соответственно произвести корректировку в техпроцессе или поднастройку оборудования.

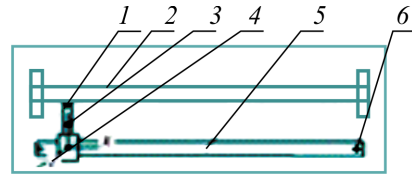


Рис. 5. Схема работы шупа TC-53:
1 – шарик стержня; 2 – измеряемая деталь (распределительный вал); 3 – стержень; 4 – шуп TC-53; 5 – каретка линейных перемещений; 6 – микропереключатель

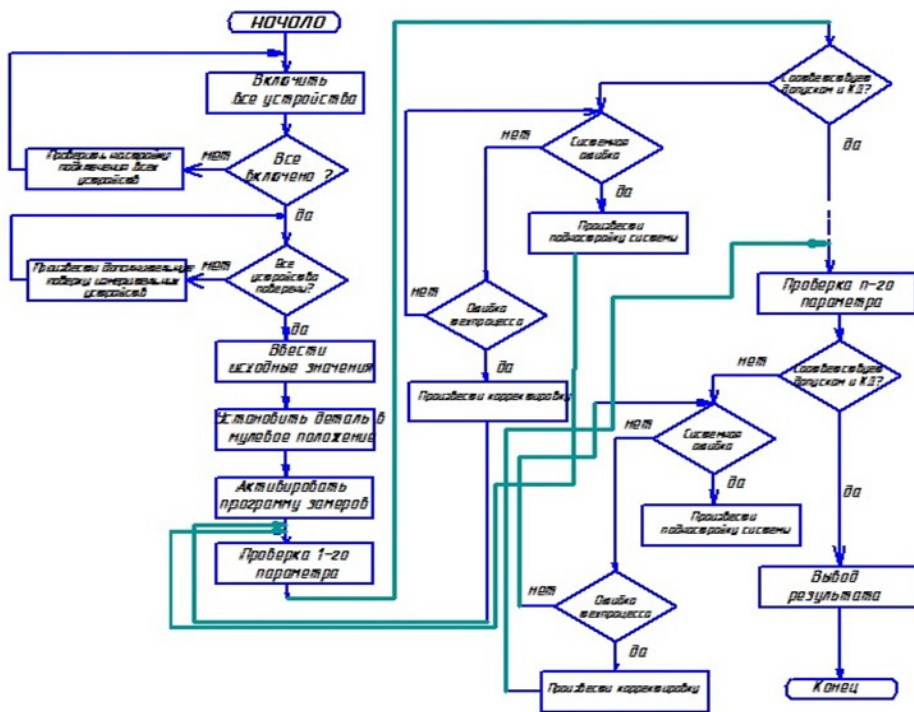


Рис. 6. Алгоритм работы системы сбора данных

Например, возникла ошибка вида «Нет фаски на впускном кулачке, операция № 95 “фрезерная обработка кулачков и фасок”». Необходимыми действиями являются следующие:

- определить причину ошибки, вероятными являются следующие: режущий инструмент не подведен к детали или износ инструмента;
- произвести повторный контроль (службой отдела технического контроля).

Также возможна ошибка вида «Системная ошибка. Не заданы нулевые значения». Это говорит о том, что деталь установлена не в нулевом положении. Необходимое действие – установить в нулевое положение.

Измерения происходят вплоть до последнего контролируемого параметра. Далее результаты выводятся на экран монитора и в виде протокола на печать.

Особенность данной системы состоит в следующем: помимо основных этапов замеров и возможности выбора принятия решений, система может сообщать об отклонениях на этапах контроля (рис. 7).

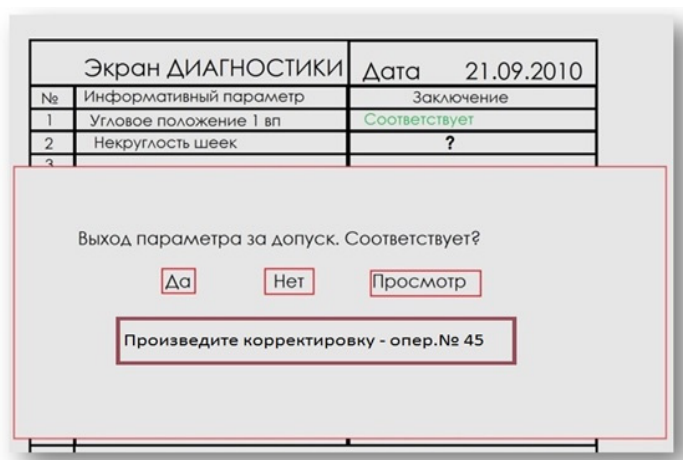


Рис. 7. Пример диалогового окна интеллектуальной системы мониторинга

Внедрение системы интеллектуального мониторинга позволяет повысить эффективность контроля в несколько раз, обеспечить корректировку технологического процесса на этапах изготовления изделия, что в значительной степени сократит возможность появления брака, тем самым увеличив качество выпускаемой продукции.

Список литературы

1. Дашенко А.И. Технология двигателестроения. – М.: Высш. шк., 2006. – 609 с.
2. Бражкин Б.С. Разработка методов и средств контроля сложно-профильных деталей типа тел вращения: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2004. – 233 с.

3. Игнат'ев С.А., Горбунов В.В., Игнат'ев А.А. Мониторинг технологического процесса как элемент системы управления качеством продукции. – Саратов: Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та, 2009. – 160 с.

4. Микропроцессорные системы автоматического управления / В.А. Бесекерский, Н.Б. Ефимов, С.И. Зиатдинов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1988. – 380 с.

5. Острекровский В.А. Теория систем. – М.: Высш. шк., 1997. – 103 с.

6. Глушков В.М. Введение в АСУ // Глушков В.М., Жимерин Д.Г., Мясников В.А. Автоматизированные и автоматические системы управления. – 2-е изд. – М., 1975. – 273 с.

7. Касимов С.А., Самойлова Е.М. Измерительный шуп как актуальное средство автоматизированного контроля при измерении параметров распределительных валов // Техника и технология машиностроения: сб. ст. IV Междунар. студ. науч.-практ. конф. – Омск, 2015. – С. 93–95.

8. Измерительные шупы [Электронный ресурс] // Каталог Heidenhain. – Май 2012. – URL: <http://zadelrf.ru/catalog/HEIDENHAIN.pdf> (дата обращения: 15.10.2015).

9. Самойлова Е.М., Касимов С.А. Алгоритм работы автоматизированной системы сбора данных интеллектуального мониторинга изготовления распределительных валов // Автоматизация и управление в машино- и приборостроении: межвуз. науч. сб. – Саратов: Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та, 2015. – С. 126–128.

References

1. Dashchenko A.I. Tekhnologiya dvigatelestroeniia [Engine technology]. Moscow: Vysshaia shkola, 2006. 609 p.

2. Brazhkin B.S. Razrabotka metodov i sredstv kontroliia slozhnoprofil'nykh detalei tipa tel vrashcheniia [Development of methods and means of control-complex parts such as bodies of rotation]. Ph. D. thesis. Moscow, 2004. 233 p.

3. Ignat'ev S.A., Gorbunov V.V., Ignat'ev A.A. Monitoring tekhnologicheskogo protsessa kak element sistemy upravleniia kachestvom produktsii [Monitoring process as part of quality management system]. Saratovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2009. 160 p.

4. Besekerskii V.A., Efimov N.B., Ziatdinov S.I. Mikroprotsessornye sistemy avtomaticheskogo upravleniia [Microprocessor automatic control system]. Moscow: Mashinostroenie, 1988. 380 p.

5. Ostrekovskii V.A. Teoriia system [Systems theory]. Moscow: Vysshiaia shkola, 1997. 103 p.

6. Glushkov V.M. Vvedenie v ASU [Introduction to Automated Control Systems]. *Glushkov V.M., Zhimerin D.G., Miasnikov V.A. Avtomatizirovannye i avtomaticheskie sistemy upravleniia*. Moscow, 1975. 273 p.

7. Kasimov S.A., Samoilova E.M. Izmeritel'nyi shchup kak aktual'noe sredstvo avtomatizirovannogo kontroliia pri izmerenii parametrov raspredelitel'nykh valov [The probe as a unique tool for automated control when measuring the camshaft]. *Sbornik statei IV Mezhdunarodnoi studencheskoi nauchno-prakticheskoi konferencii "Tekhnika i tekhnologiiia mashinostroeniia"*. Omsk, 2015, pp. 93-95.

8. Izmeritel'nye shchupy [Touch Probes]. *Katalog Neidenhain, Mai 2012*, available at: <http://zadelrf.ru/catalog/HEIDENHAIN.pdf> (accessed 15 October 2015).

9. Samoilova E.M., Kasimov C.A. Algoritm raboty avtomatizirovannoi sistemy sbora dannykh intellektual'nogo monitoringa izgotovleniia raspredelitel'nykh valov [The algorithm of the automated data collection system intelligent monitoring the manufacture of camshafts]. *Mezhvuzovskii nauchnyi sbornik "Avtomatizatsiia i upravlenie v mashinnoi priborostroeni"*. Saratovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2015, pp. 126-128.

Получено 20.11.2015

Сведения об авторах

Касимов Сергей Александрович (Саратов, Россия) – аспирант кафедры «Автоматизация, управление, мехатроника» Саратовского государственного технического университета им. Ю.А. Гагарина; e-mail: kartsstu@mail.ru.

Самойлова Елена Михайловна (Саратов, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация, управление, мехатроника» Саратовского государственного технического университета им. Ю.А. Гагарина; e-mail: Helen_elenka@mail.ru.

About the authors

Sergei A. Kasimov (Saratov, Russian Federation) – Postgraduate Student, Department “Automation, control, mechatronics”, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov; e-mail: kartsstu@mail.ru.

Elena M. Samoilova (Saratov, Russian Federation) – Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department “Automation, control, mechatronics”, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov; e-mail: Helen_elenka@mail.ru.