

Разработка режима вакуумной сушки перца сорта «Ласточка»

Скоморохова А.И., Завьялов А.А., Родионов Ю.В., Зорин А.С.

Аннотация. В статье рассмотрели химический состав перца «Ласточка», его пищевую ценность. Наличие в составе перца макро- и микроэлементов, в частности калия, кремния, фосфора, цинка, йода, марганца и других, позволяет ему участвовать в ряде процессов: производства функционального, диетического и лечебно-профилактического питания, ускоряет метаболизм, улучшает работоспособность головного мозга и других. Создавать функциональные продукты питания с добавлением перца позволяет сушка. Также с ее помощью облегчается его хранение и транспортирование. В статье сравнивается двухступенчатая конвективная вакуум-импульсная сушка и конвективная сушка. Первая состоит из двух ступеней – конвективной и вакуум-импульсной. Конвективную сушку на обоих периодах проводили на конвективной сушилке с неподвижным слоем материала. Определено влагосодержание конца первого периода при использовании кривой температуры перца. Обе сушки выполняли при щадящих режимах по температуре. При прочих равных условиях установили, что двухступенчатая конвективная вакуум-импульсная сушка в 1,8 раза быстрее конвективной сушки. Это позволяет повысить качество высушиваемого материала, а также снизить энергозатраты.

Ключевые слова: перец сорта «Ласточка», двухступенчатая конвективная вакуумно-импульсная сушка, конвективная сушка, биологически-активные вещества, витамины.

Для цитирования: Скоморохова А.И., Завьялов А.А., Родионов Ю.В., Зорин А.С. Разработка режима вакуумной сушки перца сорта «Ласточка» // Инновационная техника и технология. 2019. № 3 (20). С. 23–28.

Development of the mode of vacuum drying pepper grade «Lastochka»

Skomorokhova A.I., Zavyalov A.A., Rodionov Yu.V., Zorin A.S.

Abstract. The article examined the chemical composition of the Swallow pepper, its nutritional value. The presence of macro- and microelements in pepper, in particular potassium, silicon, phosphorus, zinc, iodine, manganese and others, allows it to participate in a number of processes: the production of functional, dietary and therapeutic nutrition, accelerates metabolism, improves brain performance and others. Functional food with the addition of pepper allows drying. Also, with its help, its storage and transportation is facilitated. The article compares a two-stage convective vacuum-pulse drying and convective drying. The first consists of two stages - convective and pulsed vacuum. Convective drying in both periods was carried out on a convective dryer with a fixed layer of material. The moisture content of the end of the first period was determined using a pepper temperature curve. Both drying was carried out under gentle conditions in temperature. All things being equal, it was found that two-stage convective vacuum-pulse drying is 1.8 times faster than convective drying. This improves the quality of the dried material, as well as reduces energy consumption.

Keywords: grade pepper «Lastochka», two-stage convective vacuum-pulse drying, convective drying, biologically active substances, vitamins.

For citation: Skomorokhova A.I., Zavyalov A.A., Rodionov Yu.V., Zorin A.S. Development of the mode of vacuum drying pepper grade «Lastochka». Innovative Machinery and Technology. 2019. No.3 (20). pp. 23–28. (In Russ.).

Введение

Сладкий перец принадлежит семейству пасленовых. Он содержит множество витаминов и пита-

тельных элементов, полезных человеку. В частности, среди овощей перец занимает шестое место по содержанию пинорезинола – 1мг/100 г; третье место по содержанию филлоквинона – 4,9–21,4



Рис. 1. Перец сорт «Ласточка»

мкг/100 г, ларицирезинола – 164 мг/100 г и лютеолина – 0,63 мг/100 г; второе место по содержанию пантотеновой кислоты – 0,319 мг/100 г (по сырой массе), α -каротина – 59 мг/100 г и полиненасыщенных кислот – 0,156 г/100 г; первое место по содержанию аскорбиновой кислоты – 146 мг/100 г и жирных насыщенных кислот – 0,07 мг/100 г [1].

Сорт перца «Ласточка» (рисунок 1) был выведен в семидесятых годах и по сегодняшний день пользуется огромной популярностью. Его главное преимущество – возможность выращивания в любых климатических условиях. Данный сорт способен переносить перепады температуры и не требует повышенного внимания во время выращивания. Плоды крупные, каждый до 100 г с толщиной стенки до 7 мм и средней длиной до 10 см. Срок созревания среднеранний (около 116 дней при благоприятных условиях), а урожай может составлять 6–7 кг с 1 м².

Как и все болгарские перцы, сорт «Ласточка» богат витамином С, фолиевой кислотой, калием, фосфором. Этот перец полезно принимать в пищу людям, страдающим сердечнососудистыми заболеваниями, и можно есть страдающим сахарным диабетом. В плодах не содержится сахара, углеводы данного перца – фруктоза.

Наличие в составе витамина А способствует улучшению состояния волос и кожи, особенно полезно употреблять перцы красного цвета. А фолаты, витамин Е и С обладают антиоксидантным действием, предотвращая рак и старение. При этом, данных веществ больше в плодах зеленого цвета. Подробный химический состав перца приведен в таблице 1 [2].

Анализ пищевой ценности перца сорта «Ласточка» приведен в таблице 2. Он показывает содержание нутриентов и их суточная норма в ккал.

Для увеличения срока хранения, удобства транспортирования, расширения ассортимента использования перец необходимо сушить. Сушеный перец можно применять в различных блюдах от супов до гарниров, а измельченный в порошок перец используется в качестве приправы для уси-

Таблица 1 – Химический состав перца сорта «Ласточка»

Пищевое вещество	Содержание, мг/100г
Витамины	
Витамин А	0,333
бета Каротин	2
Тиамин	0,1
Рибофлавин	0,08
Холин	5,6
Пантотеновая кислота	0,317
Пиридоксин	0,5
Фолаты	0,017
Аскорбиновая кислота	250
Альфа токоферол	0,67
филлохинон	0,005
Витамин РР	0,979
Ниацин	1
Микроэлементы	
Бор	0,015
Железо	0,6
Йод	0,003
Кобальт	0,003
Литий	0,087
Марганец	0,16
Медь	0,1
Молибден	0,005
Никель	0,005
Селен	0,000
Фтор	0,007
Хром	0,006
Цинк	0,44
Макроэлементы	
Калий	163
Кальций	8
Кремний	22
Магний	7
Натрий	2
Сера	9,9
Фосфор	16
Хлор	19

Таблица 2 – Пищевая ценность перца сорта «Ласточка»

Нутриент	Количество	% от нормы в 100 г	% от нормы в 100 ккал
Калорийность	22 ккал	1,3	5,9
Белки	1,2 г	1,6	7,3
Жиры	0,1 г	0,2	0,9
Углеводы	4,8 г	2,2	10

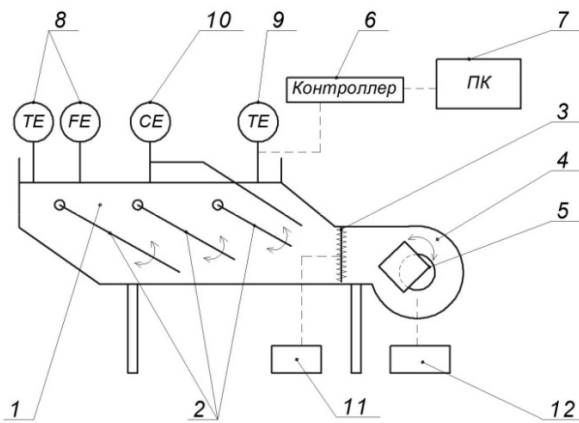


Рис. 2. Схема конвективной лотковой сушилки с неподвижным слоем растительного материала:

1 – корпус ; 2 – заслонки регулирования равномерности потока теплоносителя (воздуха); 3 ТЭНы; 4 – газодувка; 5 – задвижка; 6 – контроллер; 7 – ЭВМ; 8 – термоанемометр, включающий датчик скорости и температуры теплоносителя; 9 – мультиметр, включающий датчик температуры материала; 10 – датчик влагосодержания; 11 – регулятор мощности; 12 – частотный преобразователь тока

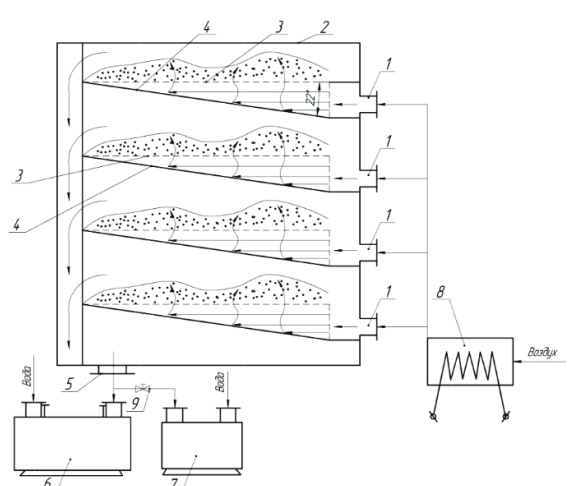


Рис. 3. Схема конвективной вакуум-импульсной сушилки растительных материалов:

1 – штуцер входной; 2 – корпус вакуумного шкафа; 3 – лоток ; 4 – направляющий лист ; 5 – выходной штуцер; 6 – двухступенчатый ЖВН; 7 – одноступенчатый ЖВН с автоматически регулируемым нагнетательным окном; 8 – ТЭН; 9 – вентиль

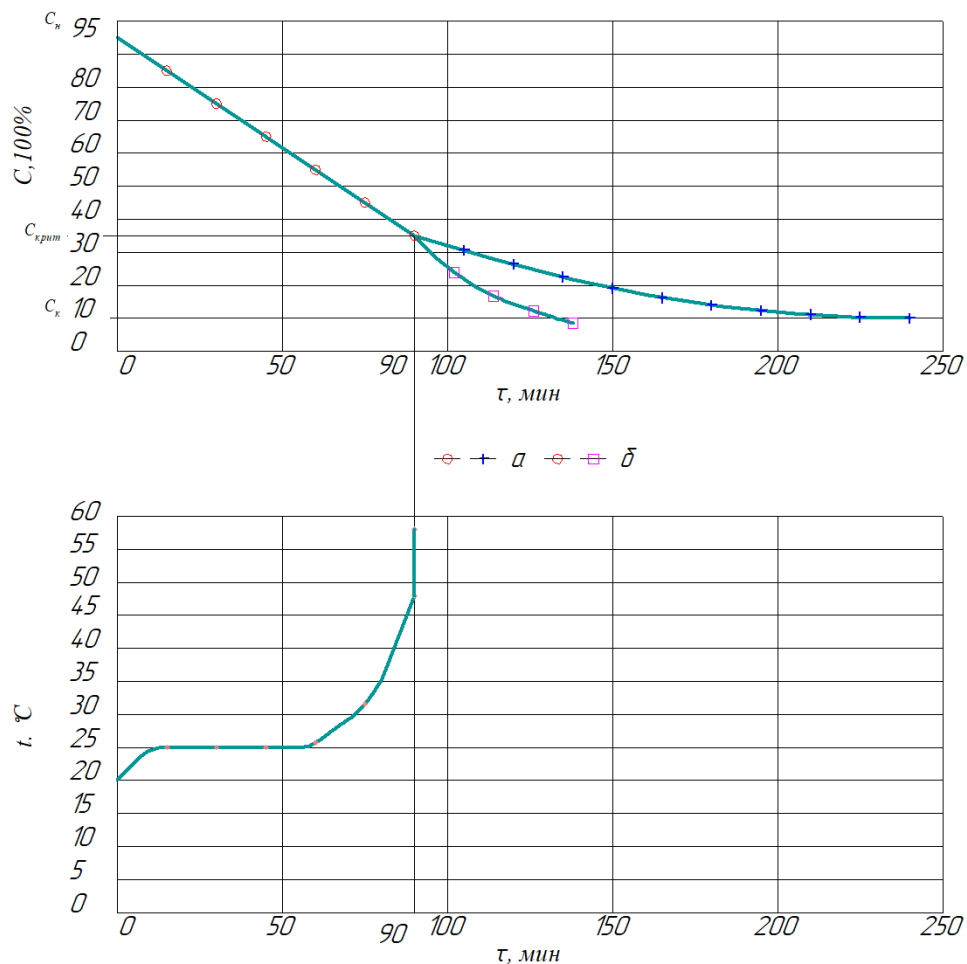


Рис. 4. Кривые сушки и температуры первого периода сушки перца сорта «Ласточка»:

а) 1 ступень – конвективная лотковая сушилка: температура теплоносителя 65°C, скорость теплоносителя 2.5 м/с, влажность в помещении 40% до критического влагосодержания конца первого периода 35%; 2 ступень – конвективная лотковая сушилка: температура теплоносителя 58°C, скорость теплоносителя 2.5 м/с, влажность в помещении 40%
 б) 1 ступень – конвективная лотковая сушилка: температура теплоносителя 65°C, скорость теплоносителя 2.5 м/с, влажность в помещении 40% до критического влагосодержания конца первого периода 35%; 2 ступень – конвективная вакуум-импульсная сушилка: температура теплоносителя 58°C, скорость теплоносителя 2.5 м/с, влажность в помещении 40%

Таблица 3 – Качество сладкого перца в зависимости от способов сушки

Показатели качества	До сушки	После сушки	
		Конвективная сушка	ДКВИ-сушка
Сухие вещества, %	9,1	89,3	91,4
Антиоксидантная активность, мг рутина в 100 г водного экстракта*	116,4	164,7	185,6
Пищевые волокна, %	1,9	10,6	11,7
Сумма усвояемых углеводов, %	4,8	27,3	29,5
Органические кислоты, %	0,1	0,4	0,5
Витамин С, мг/%*	215	109,4	253,5
Каротин, мкг/%	1450	5660	6810
Белок, мг/%	1,3	4,2	6,6
Общее количество золы, %	0,6	3,54	3,63

* - данные получены при участии сотрудников ВНИИ овощеводства

ления вкуса и обогащения ежедневного рациона витаминами и минералами. Для максимального сохранения биологически активных веществ (БАВ) необходимо осуществлять сушку при температуре менее 60°C во втором периоде сушки и наименьшем времени [3].

Целью работы являлось определение оптимального режима двухступенчатой конвективно-вакуумной сушки и его сравнение с аналогичным режимом конвективной сушки перца сорта «Ласточка» и влияния режимов на качество данного сушеного перца.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования данной работы являлся технологический процесс сушки перца сорта «Ласточка» в двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушке (ДКВИС) и в конвективной сушке. Предметом исследования явились закономерности процесса сушки перца сорта «Ласточка» в приведенных способах сушки.

Методами исследования являлись закономерности тепло- и массообмена, указанные в литературе [4] и порядок выполнения эксперимента [5].

Исследования проводились в лабораториях ФГБОУ ВО «МичГАУ» кафедра «Технологии хранения и переработки продукции растениеводства» и ФГБОУ ВО «ТГТУ» кафедра «Теория механизмов машин и деталей механизмов».

Исследовались два способа сушки – конвективный и двухступенчатый конвективный вакуумно-импульсный (ДКВИ) [6–10], которые проводились в сушилках, представленных на рисунках 2 и 3 [11].

Первая ступень ДКВИ сушки и вся конвективная сушка проводились в конвективной сушилке. Установка состоит из конвективной лотковой сушильной установки (рисунок 2). Теплоносителем в ней является воздух, параметры которого варьировались от 1 до 2,5 м/с по скорости и от 40 до 65°C по температуре в первом периоде и 40-75°C во втором

периоде сушки. Влажность воздуха в помещении составляла 40%. Нарезка перца осуществлялась кольцами условным их размером, квадратного сечения по 5 мм.

Результаты и их обсуждение

Анализ экспериментальных исследований, указанных на кривой сушки и температуры (рисунок 4) позволил определить конец первого периода удаления влаги перца «Ласточка», который составил 35% влагосодержания и 90 минут времени при температуре теплоносителя (воздуха) 65°C, скорости теплоносителя 2,5 м/с, влажности воздуха в помещении не более 60%, определяемых термоанемометром и влагометром.

Далее сушка осуществлялась по двум направлениям:

1) продолжалась в лотковой сушилке неподвижного слоя до влажности 11% при температуре теплоносителя 58°C, той же скорости 2,5 м/с в течение 155 минут, общее время в конвективной сушилке данного процесса составило 240 минут;

2) второй период осуществлялся в вакуумном шкафу по 3 минуты продувки и 3 минуты выдержки под вакуумом в течение 8 циклов. Время второй ступени 48 минут, общее время сушки ДКВИС в этом случае составило 138 минут, это говорит о том, что ДКВИС на 42% при прочих равных условиях эффективнее сушки в конвективной лотковой сушилке неподвижного слоя. В ДКВИС по органолептическим и физико-химическим показателям наиболее значимые результаты получены по сохранению антиоксидантной активности, суммы усвояемых углеводов, витамина С, каротина и белка.

Развариваемость и набухаемость данного сорта при использовании ДКВИ сушки составила – 2-3 минуты и 5 минут соответственно.

Из таблицы 3 следует, что применение ДКВИС обеспечивает получение на выходе более качественного продукта по всем приведенным показателям.

Выводы

В работе определен химический и биологический состав перца «Ласточка», его необходимость для питания населения РФ.

Установлено влагосодержание конца его первого периода в конвективной вакуум-импульсной сушилке составило 35% при температуре теплоносителя 65°C, скорости теплоносителя 2.5 м/с, влаж-

ности в помещении 40%. Выявлено, что при равных условиях ДКВИС на 42% эффективнее конвективной сушики.

Выявлено, что качество сушеного перца при ДКВИС выше чем при конвективной сушке по таким показателям как содержание антиоксидантной и органической кислот, количество пищевых волокон, витамина С, каротина, белка, а также по величине суммы усвояемых углеводов.

Список литературы

- [1] Синха Н.К. Настольная книга производителя и переработчика плодоовощной продукции / Н.К. Синха, И.Г. Хью. (ред.) Пер. с англ. СПб.: Профессия, 2014. С. 912, табл., ил.
- [2] Мой здоровый рацион [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://health-diet.ru>, свободный.
- [3] United States standards for grades of sweet peppers for processing / USDA. USDA: USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 1977. Режим доступа: <https://fdc.nal.usda.gov/>, свободный.
- [4] Попова И. В. Совершенствование технологии и средств сушки овощного сырья: автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н.: специальность 05.20.01 / Попова Ирина Викторовна. Мичуринск, 2009. 18 с.: ил.
- [5] Родионов Ю.В. Повышение эффективности и эксплуатационных характеристик двухступенчатых жидкостнокольцевых вакуум-насосов: дис. канд. техн. наук: 05.04.09; Защищена 14.06.00; Утв. 10.11.00. Тамбов; ТГТУ, 2000. С. 135.
- [6] Скрипников Ю.Г. Инновационные технологии сушки растительного сырья / Ю.Г. Скрипников, М.А. Митрохин, Е.П. Ларионова, Ю.В. Родионов, А.С. Зорин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского 2012 №3 (41) С. 371-376.
- [7] Попова И.В. Условия комбинированной конвективной вакуум-импульсной сушки растительных продуктов / И.В. Попова, Ю.В. Родионов, С.А. Щербаков, В.М. Дмитриев, В.Г. Однолько, С.С. Хануни // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского 2008. №4 (14). Том 2. С. 21-25.
- [8] Воробьев, В.Б. Энергоэффективность двухступенчатой сушки растительного сырья / В.Б. Воробьев, А.М. Климов, Ю.В. Родионов, В.А. Преображенский, Д.В. Скворцов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2011. №3. С. 361-365.
- [9] Иванова И.В. Вакуумная техника и технологии в производстве продуктов питания функционального назначения / И.В. Иванова, Е.П. Иванова, Ю.В. Родионов, Н.Н. Мочалин // Инновационные технологии в производстве функциональных продуктов питания: Всерос. науч.-практ. конф., Мичуринск, 16-18 дек. 2014. Мичуринск. гос. аграрн. университет. Мичуринск, 2014. С. 76-82.
- [10] Воробьев В.Б. Энергоэффективность двухступенчатой сушки растительного сырья / В.Б. Воробьев, А.М. Климов, Ю.В. Родионов, В.А. Преображенский, Д.В. Скворцов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского, 2011. № 3 (34). С. 361-365.
- [11] Иванова Э.С. Исследование процесса сушки топинамбура / Э.С. Иванова, А.И. Скоморохова, В.А. Кольцов, Ю.В. Родионов, В.П. Капустин, Д.В. Никитин // Наука в центральной России. Тамбов, 2019. №2 (38). С. 77-85.

References

- [1] Sinha N.K., Hugh I.G. Handbook of the producer and processor of fruits and vegetables (Ed.) Transl. from English, St. Petersburg, Profession, 2014. 912 p.
- [2] Moj zdravovjy racion (My healthy diet) Available at: <https://health-diet.ru>, free.
- [3] United States standards for grades of sweet peppers for processing / USDA. – USDA: USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 1977. – Access mode: <https://fdc.nal.usda.gov/> (accessed 15 October 2019)
- [4] Popova I.V. Sovershenstvovanie tehnologii i sredstv sushki ovoshhnogo syr'ja: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni k.t.n. [Improving the technology and means of drying vegetable raw materials: abstract of a dissertation for the degree of candidate of technical science]. Michurinsk, 2009. 18 p.
- [5] Rodionov Yu.V. Povyshenie jeffektivnosti i jekspluatacionnyh harakteristik dvuhstupenchatykh zhidkostnokol'cevyyh vakuum-nasosov: dis. kand. tehn. nauk [Improving the efficiency and operational characteristics of two-stage liquid ring vacuum pumps: dis. Cand. tech. sciences]. Tambov, 2000. 135 p.
- [6] Skripnikov Yu.G., Mitrokhin M.A., Larionova E.P., Rodionov Yu.V., Zorin A.S. Innovacionnye tehnologii

- sushki rastitel'nogo syr'ja [Innovative Technologies for Drying Plant Raw Materials]. Questions of modern science and practice, 2012, no. 41 pp. 371-376.
- [7] Popova I.V., Rodionov Yu.V., Shcherbakov S.A., Dmitriev V.M., Odnolko V.G., Hanuni S.S. Usloviya kombinirovannoj konvektivnoj vakuim-impul'snoj sushki rastitel'nyh produktov [Conditions for combined convective vacuum-pulse drying of plant products]. Questions of modern science and practice, 2008, no. 4 (14), vol. 2, pp. 21-25.
- [8] Vorobiev V.B., Klimov A.M., Rodionov Yu.V., Preobrazhensky V.A., Skvortsov D.V. Jenergojeffektivnost' dvuhstupenchatoj sushki rastitel'nogo syr'ja [Energy Efficiency of Two-Stage Drying of Plant Raw Materials]. Questions of modern science and practice, 2011. no. 3, pp. 361-365.
- [9] Ivanova I.V., Ivanova E.P., Rodionov Yu.V., Mochalin N.N. Vakuumnaja tehnika i tehnologii v proizvodstve produktov pitaniya funkcional'nogo naznachenija [Vacuum equipment and technologies in the production of functional food products]. Innovative technology in the production of functional foods, 2017. pp. 76-82.
- [10] Vorobiev V.B., Klimov A.M., Rodionov Yu.V., Preobrazhensky V.A., Skvortsov D.V. Jenergojeffektivnost' dvuhstupenchatoj sushki rastitel'nogo syr'ja [Energy Efficiency of Two-Stage Drying of Plant Raw Materials]. Questions of modern science and practice, 2011, no. № 3 (34) pp. 361-365.
- [11] Ivanova E.S., Skomorokhova A.I., Koltsov V.A., Rodionov Yu.V., Kapustin V.P., Nikitin D.V. Issledovanie processa sushki topinambura [Investigation of the drying process of Jerusalem artichoke]. Science in Central Russia, 2019, no. 2 (38) pp. 77-85.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Скоморохова Анастасия Игоревна студент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: nasta373@mail.ru</p>	<p>Skomorokhova Anastasia Igorevna student of the department «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: nasta373@mail.ru</p>
<p>Завьялов Александр Александрович магистрант кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: tmm-dm@mail.nnn.tstu.ru</p>	<p>Zavyalov Alexander Alexandrovich undergraduate of the department «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: tmm-dm@mail.nnn.tstu.ru</p>
<p>Родионов Юрий Викторович доктор технических наук профессор кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>	<p>Rodionov Yuri Viktorovich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>
<p>Зорин Александр Сергеевич директор ООО «З-лайн» ООО «З-лайн» 393251, Тамбовская область, город Рассказово, Шмаковская улица, 88 Тел.: +7(910) 655-53-53 E-mail: zorin619@bk.ru</p>	<p>Zorin Alexander Sergeevich director LLC «Z-line» LLC «Z-line» Phone: +7(910) 655-53-53 E-mail: zorin619@bk.ru</p>