

## Исследование и выбор режимных параметров экстрагирования топинамбура сорта «Интерес»

*Родионов Ю.В., Скоморохова А.И., Матвеев Д.А., Никитин Д.В., Рыбин Г.В., Иванов А.С.*

**Аннотация.** В статье рассматривается топинамбур сорта «Интерес», его химический состав и некоторые полезные свойства. Обосновано производство биологически активных добавок из топинамбура в виде порошков и экстрактов и приведены возможные области их применения. В результате опытов получены кинетические зависимости извлечения сухих растворимых веществ из топинамбура. Для экспериментов исходное сырье предварительно нарезалось пластинами толщиной 2 мм, после чего высушивалось на двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушке до остаточной влажности 6%. Проводилось сравнение процесса экстрагирования настаиванием при температуре 20-22 °С, нагревом с постоянным помешиванием при температуре 55±3 °С и под вакуумом на разработанной экстракционной установке. Было выявлено, что наиболее эффективным по времени и концентрации сухих растворимых веществ в растворе является экстрагирование с использованием вакуума. Затем проводилось вакуумное экстрагирование с гидромодулями 1:25, 1:50 и 1:100 при температуре 55±3 °С и давлении 15-17 кПа, длительность импульсного воздействия составляла 0,2-0,5 с. Установлен предпочтительный для данного сорта топинамбура гидромодуль, при котором процесс экстрагирования занимает наименьшее количество времени при наибольшем показателе концентрации сухих растворимых веществ в экстракте.

**Ключевые слова:** экстрагирование, вакуум, биологически активные вещества, топинамбур «Интерес».

**Для цитирования:** Родионов Ю.В., Скоморохова А.И., Матвеев Д.А., Никитин Д.В., Рыбин Г.В., Иванов А.С. Исследование и выбор режимных параметров экстрагирования топинамбура сорта «Интерес» // Инновационная техника и технология. 2021. Т. 8. № 1. С. 32–37.

## Research and choice of the operating parameters of extraction for jerusalem artichoke variety «Interes»

*Rodionov Yu.V., Skomorokhova A.I., Matveev D.A., Nikitin D.V., Rybin G.V., Ivanov A.S.*

**Abstract.** The article discusses Jerusalem artichoke variety «Interest», its chemical composition and some useful properties. The production of biologically active additives in the form of powders and extracts on its basis has been substantiated and possible areas of their application have been brought. As a result of the experiments, kinetic dependences of the extraction of dry soluble substances from Jerusalem artichoke were obtained. For the experiments, the feedstock was preliminarily cut into plates 2 mm thick, and then dried on a two-stage convective vacuum-impulse drying to a residual moisture content of 6%. A comparison was made of the extraction process by infusion at a temperature of 20-22°C, heating with constant stirring at a temperature of 55± 3°C and under vacuum on a developed extraction unit. It was found that the most effective in terms of time and concentration of dry soluble substances in solution is extraction using vacuum. Then, vacuum extraction was carried out with hydromodules 1:25, 1:50 and 1:100 at a temperature of 55±3°C and a pressure of 15-17 kPa, the duration of the impulse action was 0.2-0.5 s. The preferable hydromodule for this variety of Jerusalem artichoke has been established, in which the extraction process takes the least amount of time with the highest concentration of dry soluble substances in the extract.

**Keywords:** extraction, vacuum, biologically active substances, Jerusalem artichoke «Interest».

**For citation:** Rodionov Yu.V., Skomorokhova A.I., Matveev D.A., Nikitin D.V., Rybin G.V., Ivanov A.S. Research and choice of the operating parameters of extraction for jerusalem artichoke variety «Interes». Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2021. Vol. 8. No. 1. pp. 32–37. (In Russ.).

## Введение

Изучение химического состава и процесса переработки топинамбура представляет собой интерес с точки зрения создания на его основе различных продуктов функционального назначения, обладающих лечебными и профилактическими свойствами. Это многолетнее растение, которое выращивается практически на всех типах почвы, хорошо переносит жару и холод, а также долгое время может давать обильные урожаи на одном месте без пересадки [1, 2].

Сорт «Интерес» (рис. 1) относится к наиболее распространенным. Сорт позднеспелый, его клубни достаточно крупные, в среднем их вес составляет 55-75 г, отличается высокими показателями урожайности (для зеленой массы 360-500 ц/га; для клубней 200-600 ц/га) [3].

В химический состав съедобной части топинамбура входит большое количество калия (200 мг/100 г) и фосфора (78 мг/100г), что делает его полезным для организма, так как эти минеральные вещества учувствуют в обменных процессах и необходимы для нормальной деятельности мышц. Также в составе присутствуют: кальций, участвующий в формировании костной ткани; магний, нормализующий работу сердца и деятельность нервной системы; натрий, который активизирует пищевые ферменты и имеет большое значение для внутриклеточного и межклеточного обмена веществ. Кроме того, в 100 г корнеплода содержатся тиамин (16% от суточной нормы), рибофлавин (27,8% от суточной нормы), аскорбиновая кислота (22,2% от суточной нормы), а также витамины А, В5, В6, Е, РР, ниацин и бета каротин [4]. Пищевая ценность топинамбура показана на рис. 2.

При правильной переработке, получаемый продукт в виде порошков или экстрактов, будет обладать полезными свойствами исходного растительного сырья и может использоваться в качестве биологически активных добавок в продукты питания ежедневного рациона. Кроме того порошки и экстракты растительного происхождения находят широкое применение в фармацевтической, парфюмерной и косметической промышленности.

Для наибольшего сохранения биологически

активных веществ и минимальных затрат энергии предлагается производить двухступенчатую конвективную вакуум-импульсную сушку (ДВИС) [5] с последующим измельчением на двухступенчатой дисково-шаровой вакуумной мельнице [6]. После чего материал экстрагируется с помощью разработанной вакуумной экстракционной установки. Оставшийся после переработки жом растительного материала можно использовать для производства белкового витаминно-минерального концентрата (БВМК) или хлебоулучшительной закваски [7].

Целью работы являлось отработка режимов вакуумного экстрагирования топинамбура сорта «Интерес».

## Объекты и методы исследований

Объектом исследования явился топинамбур «Интерес». Образцы исходного сырья нарезались пластинами толщиной 2 мм и высушивали на ДКВИС до остаточной влажности 6% [8]. Высушенный топинамбур представлен на рис. 3.

В качестве экстрагента использовали дистиллированную воду по ГОСТу 6709-72. Для выявления наиболее рациональных параметров экстрагирования, проводили следующие опыты:

1) Высушенный топинамбур помещался в стеклянную колбу, заливался экстрагентом. Экстрагирование осуществлялось настаиванием при постоянной температуре 20-22°C.

2) Высушенный топинамбур помещался в стеклянную емкость и заливался экстрагентом, предварительно подогретым до температуры 52°C. Экстрагирование проводилось при постоянном перемешивании (для этого использовалась магнитная мешалка ММ6) и температуре 55±3°C.

3) Высушенный топинамбур помещался в экстрактор вакуумной экстракционной установки, заливался экстрагентом, предварительно подогретым до температуры 50°C. Экстрагирование проводилось при периодическом воздействии вакуума. В течение всего эксперимента поддерживалось давление 15-17 кПа, температура на уровне 55±3°C. Сырье подвергалось импульсному воздействию (создание и сброс вакуума) длительностью 0,2-0,5



Рис. 1. Топинамбур сорта «Интерес»

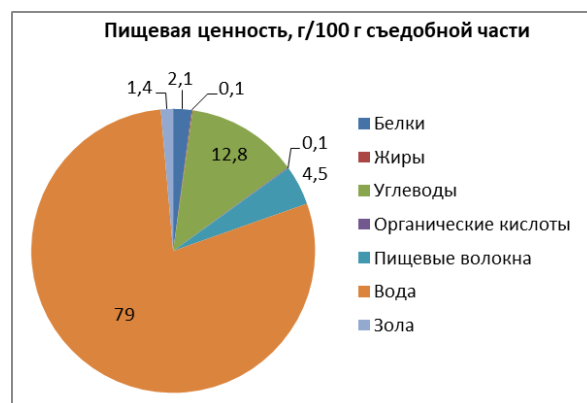


Рис. 2. Пищевая ценность топинамбура сорта «Интерес»



Рис. 3. Высушенный топинамбур сорта «Интерес»

с, что позволяло более интенсивно извлекать сухие растворимые вещества из топинамбура.

Вакуумная экстракция в сравнении с другими методами позволяет добиться наибольшего выхода сухих растворимых веществ в раствор, а также сократить время процесса [9]. Например, при гидромодуле 1:100 в первые 10 мин нагрева с постоянным помешиванием выход сухих растворимых веществ составляет 39%, при вакуумном – 60%, при этом полная экстракция в последнем случае завершается спустя 60 мин, в первом продолжается и по истечении 70 мин. Процесс настаивания длится несколько суток.

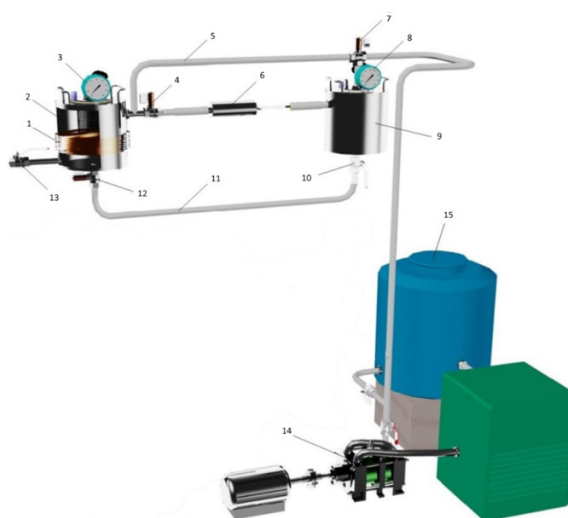


Рис. 4. Экспериментальная вакуумная экстракционная установка:

1 – нагреватель; 2 – экстрактор; 3, 8 – вакуумметр; 4, 7, 10, 12, 13 – вентили; 5, 11 – паропровод; 6 – дистиллятор; 9 – ёмкость для сбора конденсата; 14 – ЖВН; 15 – конденсатор

Разработанная установка для вакуумного экстрагирования изображена на рис. 4. Нагреватель 1 служит для поддержания постоянной температуры раствора  $58 \pm 3^\circ\text{C}$  в экстракторе 2, куда помещается исходное сырье и экстрагент требуемой температуры, а затем подвергается импульсному воздействию. Величина вакуума в установке контролируется вакуумметрами 3, 8. Вентили 4, 7, 10, 12, 13 предназначены для регуляции процесса экстрагирования. К экстрактору подведены паропроводы 5,

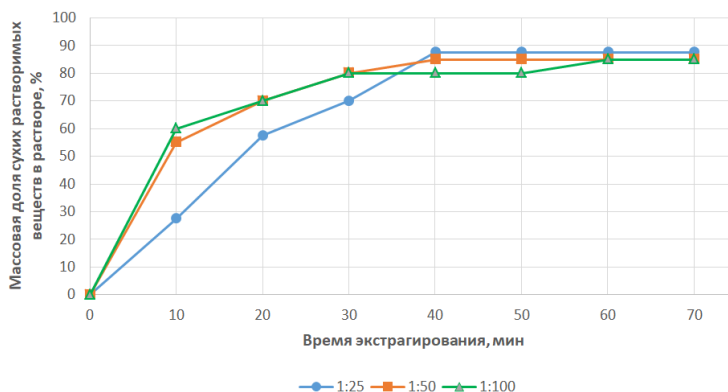


Рис. 5. Кривые зависимости концентрации сухих растворимых веществ в растворе от времени экстрагирования при различных гидромодулях

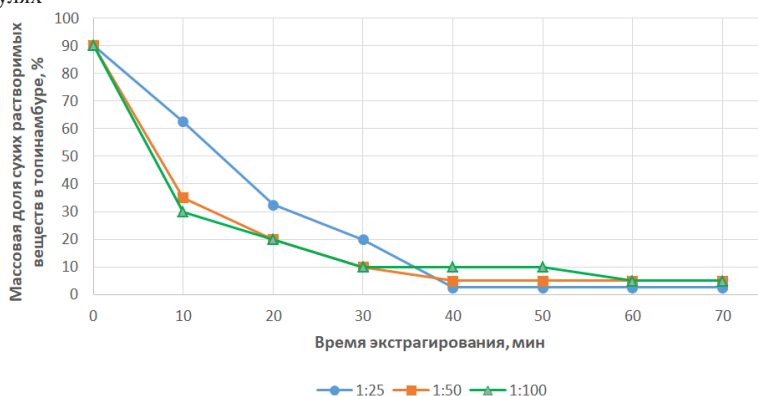


Рис. 6. Кривые зависимости содержания сухих растворимых веществ в топинамбуре от времени экстрагирования при различных гидромодулях

11 для отвода пара через дистиллятор 6 в емкость 9 для сбора конденсата. Вакуум в установке обеспечивается за счет жидкостнокольцевого вакуумного насоса (ЖВН) 14 [10].

При необходимости дальнейшего повышения концентрации растворов (упаривания) можно воспользоваться универсальной экстракционно-выпарной вакуумной установкой, разработанной в ФГБОУ ВО «ТГТУ» на кафедре «МИГ» [11, 12].

### Результаты и их обсуждение

Наилучшие результаты по концентрации сухих растворимых веществ в растворе были получены при проведении вакуумного экстрагирования на разработанной вакуумной экстракционной установке. Ниже представлены графики, отражающие процесс вакуумного экстрагирования топинамбура сорта «Интерес» при различных гидромодулях.

На рис. 5 показано влияние гидромодуля на кинетику извлечения экстрагируемых веществ из топинамбура первые 70 мин.

Анализ экспериментальных данных показывает, что при гидромодуле 1:25 полная экстракция с применением вакуума занимает 40 мин, как и при гидромодуле 1:50. При этом для гидромодуля 1:25 концентрация сухих растворимых веществ (СРВ) в растворе на 2,5% больше, чем для гидромодуля 1:50, и составила 87,5%. Для гидромодуля 1:50 величина концентрации СРВ составила 85%. При тех же условиях и гидромодуле 1:100 процесс экстрак-

ции занимает 60 мин, концентрация СРВ в растворе составила 85%.

На рис. 6 показано влияние гидромодуля на кинетику извлечения экстрагируемых веществ из топинамбура «Интерес» первые 70 мин.

Приведенный на рис. 6 график отображает процентное содержание СРВ в экстрагируемом сырье. Из представленных зависимостей можно сделать вывод, что для вакуумного экстрагирования топинамбура сорта «Интерес» наиболее оптимальным является гидромодуль 1:25.

### Выводы

1. Предложено создавать функциональные добавки для продуктов питания из топинамбура сорта «Интерес» вследствие высокого содержания в его составе полезных для организма человека компонентов.

2. По результатам экспериментальных исследований выявлены преимущества вакуумного экстрагирования по сравнению с настаиванием и нагревом с помешиванием, такие как сокращение времени, затрачиваемого на процесс экстрагирования и значительное повышение концентрации сухих растворимых веществ в экстракте.

3. При сравнении вакуумного экстрагирования с различными гидромодулями установлено, что для топинамбура «Интерес» предпочтительным является гидромодуль 1:25, так как в отличие от гидромодуля 1:100 процесс сокращается на 20 мин и концентрация СРВ в растворе выше на 2,5%.

### Литература

- [1] Голубев, В.И. Топинамбур. Состав, свойства, способы переработки, области применения / В.И. Голубев, И.В. Волкова, Х.М. Кушанов. Астрахань: Изд. Полиграф, комплекс «Волга», 1995. – 81 с.
- [2] The prospects of Jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production / L Yang, Q.S. He, K Corscadden, C.C. Udenigwe. *Biotechnology Reports*, 2015, vol. 5, pp 77–88.
- [3] Ассоциация «Топинамбур» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.topinambour.ru/index.html>, свободный.
- [4] Мой здоровый рацион [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://health-diet.ru>, свободный.
- [5] Энергосберегающая двухступенчатая сушильная установка для растительных материалов: пат. 2548230 РФ F26B 17/10, F26B 5/04 / Родионов Ю.В., Никитина Д.В., Зорин А.С., Щегольков А.В., Дмитриев В.М., Ларионова Е.П.: заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Тамб. ГТУ», ООО «Навакс». № 2013111266/06; заявл 12.03.2013; опубл. 20.04.2015.
- [6] Совершенствование технологии получения порошков из растительного сырья / С.И. Данилин, Ю.Ю. Родионов, Ю.В. Родионов, Ю.А. Чумиков,

### References

- [1] Golubev V.I., Volkova I.V., Kushanov Kh.M. Topinambur. Sostav, svoistva, sposoby pererabotki, oblasti primeneniya [Composition, properties, processing methods, applications], Astrakhan, Ed. Polygraph, complex «Volga», 1995. 81 p.
- [2] Yang L., He Q.S., Corscadden K., Udenigwe C.C. The prospects of Jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production, *Biotechnology Reports*, 2015, vol. 5, pp 77–88.
- [3] Assotsiatsiya «Topinambur» (Association «Jerusalem artichoke») Available at: <https://www.topinambour.ru/index.html> (accessed 20 February 2020)
- [4] Moi zdorovyi ratsion (My healthy diet) Available at: <https://health-diet.ru> (accessed 3 February 2020)
- [5] Rodionov Yu.V., Nikitina D.V., Zorin A.S., Shchegol'kov A.V., Dmitriev V.M., Larionova E.P. Energoberegayushchaya dvukhstupenchataya sushil'naya ustanovka dlya rastitel'nykh materialov [Energy-saving two-stage drying plant for plant materials]. Patent RF no. 2548230, 2015.
- [6] Danilin S.I., Rodionov Yu.Yu., Rodionov Yu.V., Chumikov Yu.A., Skomorokhova A.I. Sovershenstvovanie tekhnologii polucheniya poroshkov iz rastitel'nogo syr'ya [Improvement of

- А.И. Скоморохова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания, 2020. № 4. С. 150-159.
- [7] Иванова, Е.П. Разработка линии производства хмеле-тыквенной закваски / Е.П. Иванова // Инновационная техника и технология. 2015. № 3 (04). С. 17-22.
- [8] 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. 2019. № 2 (38). С. 77-85.
- [9] Гуськов А.А. Совершенствование технологии и технических средств экстрагирования растворимых веществ из растительного сырья: Автореф. дисс. канд. техн. наук. Мичуринск, 2019. 16 с.
- [10] Двухступенчатая жидкостно-кольцевая машина: пат. № 2551449 РФ, МПК F04C7/00, F04C19/00 / Гуськов А.А., Никитин Д.В., Платицин П.С., Родионов Ю.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Тамб. ГТУ». № 2014127083/06; заявл. 02.07.2014; опубл. 27.05.2015.
- [11] Универсальная экстрактно-выпарная установка растительного сырья / А.А. Гуськов, Ю.В. Родионов, В.П. Капустин, Д.В. Никитин, С.А. Анохин, В.В. Коновалов // Наука в центральной России. 2017. № 2 (26). С. 32-41.
- [12] Универсальная вакуумная экстрактно-выпарная установка: пат. 2738938 С1 РФ, В01D 11/02, В01D 1/22 / Анохин С.А., Никитина Д.В., Родионов Ю.В., Гуськов А.А., Елизаров И.А., Назаров В.Н.: заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Тамб. ГТУ». № 2019143887; заявл. 23.12.2019; опубл. 18.12.2020.
- the technology of obtaining powders from plant raw materials], Technologies of Food and Processing Industries of Agro-industrial Complex – Healthy Food, 2020, no. 4, pp. 150-159.
- [7] Ivanova, E.P. Razrabotka linii proizvodstva khmele-tykvennoi zakvaski [Development of a line for the production of hop-pumpkin sourdough], Innovative machinery & technology, 2015, no. 3 (04), pp. 17-22.
- [8] Ivanova E.S., Skomorokhova A.I., Kol'tsov V.A., Rodionov Yu.V., Kapustin V.P., Nikitin D.V. Issledovanie protsessa sushki topinambura [Research of the process of drying Jerusalem artichoke], Science in the Central Russia, 2019, no. 2 (38), pp. 77-85.
- [9] Gus'kov A.A. Sovershenstvovanie tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv ekstragirovaniya rastvorimykh veshchestv iz rastitel'nogo syr'ya: Aftoref. diss. kand. tekhn. nauk [Improvement of technology and technical means of extracting soluble substances from plant raw materials: Ph.D. Techn. Sci. aftoref. diss.]. Michurinsk, 2019, 16 p.
- [10] Gus'kov A.A., Nikitin D.V., Platitsin P.S., Rodionov Yu.V. Dvukhstudenchataya zhidkostno-kol'tsevaya mashina [Two-stage liquid ring machine]. Patent RF no. 2551449, 2015.
- [11] Gus'kov A.A., Rodionov Yu.V., Kapustin V.P., Nikitin D.V., Anokhin S.A., Konovalov V.V. Universal'naya ekstraktno-vyparnaya ustanovka rastitel'nogo syr'ya [Universal extract-evaporator for plant raw materials], Science in the Central Russia. 2017, no. 2 (26), pp. 32-41.
- [12] Anokhin S.A., Nikitina D.V., Rodionov Yu.V., Gus'kov A.A., Elizarov I.A., Nazarov V.N. Universal'naya vakuumnaya ekstraktno-vyparnaya ustanovka [Universal vacuum extraction and evaporation plant]. Patent RF no. 2738938 C1, 2020.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Родионов Юрий Викторович</b> доктор технических наук профессор кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 <b>Тел.:</b> +7(920) 478-04-91 <b>E-mail:</b> rodionow.u.w@rambler.ru</p>	<p><b>Rodionov Yuri Viktorovich</b> D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University <b>Phone:</b> +7(920) 478-04-91 <b>E-mail:</b> rodionow.u.w@rambler.ru</p>
<p><b>Скоморохова Анастасия Игоревна</b> магистрант кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 <b>Тел.:</b> +7(475) 263-04-59 <b>E-mail:</b> nasta373@mail.ru</p>	<p><b>Skomorokhova Anastasia Igorevna</b> undergraduate of the department «Computer-integrated systems in mechanical engineering» Tambov State Technical University <b>Phone:</b> +7(475) 263-04-59 <b>E-mail:</b> nasta373@mail.ru</p>

<p><b>Матвеев Дмитрий Александрович</b>  аспирант кафедры «Технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства»  ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»  393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101  <b>Тел.:</b> +7(475) 263-04-59  <b>E-mail:</b> tmm-dm@mail.nnn.tstu.ru</p>	<p><b>Matveev Dmitry Aleksandrovich</b>  postgraduate student of the department «Technologies for the production, storage and processing of crop products»  Michurinsk State Agrarian University  <b>Phone:</b> +7(475) 263-04-59  <b>E-mail:</b> tmm-dm@mail.nnn.tstu.ru</p>
<p><b>Никитин Дмитрий Вячеславович</b>  кандидат технических наук  доцент кафедры «Механика и инженерная графика»  ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112  <b>Тел.:</b> +7(475) 263-04-59  <b>E-mail:</b> vacuum2008@yandex.ru</p>	<p><b>Nikitin Dmitry Vyacheslavovich</b>  PhD in Technical Sciences  associate professor at the department of «Mechanics and engineering graphics»  Tambov State Technical University  <b>Phone:</b> +7(475) 263-04-59  <b>E-mail:</b> vacuum2008@yandex.ru</p>
<p><b>Рыбин Георгий Вячеславович</b>  студент кафедры «Механика и инженерная графика»  ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112  <b>Тел.:</b> +7(475) 263-04-59  <b>E-mail:</b> enot1237@gmail.com</p>	<p><b>Rybin Georgy Vyacheslavovich</b>  student of the department «Mechanics and engineering graphics»  Tambov State Technical University  <b>Phone:</b> +7(475) 263-04-59  <b>E-mail:</b> enot1237@gmail.com</p>
<p><b>Иванов Андрей Сергеевич</b>  студент кафедры «Агроинженерия»  ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112  <b>Тел.:</b> +7(475) 263-04-59  <b>E-mail:</b> ivanser411@gmail.com</p>	<p><b>Ivanov Andrey Sergeevich</b>  student of the department «Agroengineering»  Tambov State Technical University  <b>Phone:</b> +7(475) 263-04-59  <b>E-mail:</b> ivanser411@gmail.com</p>