



Научная статья/Research Article
УДК 621.365.46:635.64

Светлана Михайловна Быкова¹, Вадим Дансарунович Очиров^{2✉},
Игорь Вячеславович Алтухов³

^{1,2,3}Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, пос. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

¹bickowa.swetlana2011@yandex.ru

²ochirov@igsha.ru

³altukhigor@yandex.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ТОМАТНОГО ПОРОШКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФРАКРАСНОЙ ОБРАБОТКИ И СУШКИ

Цель исследования – получение томатного порошка с использованием инфракрасной обработки и сушки для применения при приготовлении мучных кондитерских изделий. Задачи: проведение анализа на содержание макро- и микроэлементов в томатном порошке, полученном при различных температурах нагрева; определение содержания витамина С в томатном порошке при хранении. Инфракрасная обработка и сушка измельченных в форме «восьмушка» томатов реализована в осциллирующем режиме. Изучено содержание минеральных веществ в томатном порошке, полученного из нарезанных томатов, высушенных при температурах нагрева 50 и 60 °С, путем измельчения на центробежной мельнице. Установлено, что увеличение температуры нагрева томатов в процессе инфракрасной обработки и сушки с 50 до 60 °С приводит к потере макро- и микроэлементов от 21,1 до 86,5 %, а по железу и меди – уменьшение в 2 раза. Результаты исследования показали, что в большом количестве содержатся в томатном порошке инфракрасной сушки физиологически значимые для человека элементы, удовлетворяющие суточную потребность взрослого человека в магнии, калии, железе и марганце соответственно на 48,85; 28,84; 22,86 и 27,5 %. Исследована степень сохранности витамина С в томатном порошке при хранении с соблюдением оптимальных условий хранения. Выявлено, что в герметично упакованном томатном порошке инфракрасной сушки за девять месяцев хранения не происходит существенных изменений органолептических показателей качества, наблюдается лишь снижение содержания витамина С на 18–19 % от исходного состояния. Данное обстоятельство говорит о том, что удаление влаги из томатов до влажности ниже 12 % для получения томатного порошка позволяет сохранять герметически упакованные продукты с высоким содержанием полезных веществ в обычных условиях длительное время.

Ключевые слова: томат, томатный порошок, инфракрасная сушка, температура нагрева, минеральные вещества, витамины

Для цитирования: Быкова С.М., Очиров В.Д., Алтухов И.В. Получение томатного порошка с использованием инфракрасной обработки и сушки // Вестник КрасГАУ. 2024. № 1. С. 169–175.

Svetlana Mikhailovna Bykova¹, Vadim Dansarunovich Ochirov^{2✉}, Igor Vyacheslavovich Altukhov³
^{1,2,3}Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, pos. Molodezhny, Irkutsk District, Irkutsk Region, Russia
¹bickowa.swetlana2011@yandex.ru
²ochirov@igsha.ru
³altukhigor@yandex.ru

OBTAINING TOMATO POWDER USING INFRARED PROCESSING AND DRYING

The purpose of the study is to obtain tomato powder using infrared processing and drying for use in the preparation of flour confectionery products. Objectives: analysis of the content of macro- and microelements in tomato powder obtained at different heating temperatures; determination of vitamin C content in tomato powder during storage. Infrared processing and drying of tomatoes crushed into a figure of eight shape is implemented in an oscillating mode. The content of mineral substances in tomato powder obtained from chopped tomatoes dried at heating temperatures of 50 and 60 °C by grinding in a centrifugal mill was studied. It was established that an increase in the heating temperature of tomatoes during infrared processing and drying from 50 to 60 °C leads to a loss of macro- and microelements from 21.1 to 86.5 %, and a 2-fold decrease in iron and copper. The results of the study showed that infrared-dried tomato powder contains large quantities of elements that are physiologically significant for humans and satisfy the daily requirement of an adult for magnesium, potassium, iron and manganese by 48.85, respectively; 28.84; 22.86 and 27.5 %. The degree of preservation of vitamin C in tomato powder during storage under optimal storage conditions was studied. It was revealed that in hermetically packaged infrared-dried tomato powder during nine months of storage there are no significant changes in organoleptic quality indicators, only a decrease in vitamin C content by 18–19 % from the initial state is observed. This circumstance suggests that removing moisture from tomatoes to moisture content below 12 % to obtain tomato powder makes it possible to preserve hermetically sealed products with a high content of useful substances under normal conditions for a long time.

Keywords: tomato, tomato powder, infrared drying, heating temperature, minerals, vitamins

For citation: Bykova S.M., Ochirov V.D., Altukhov I.V. Obtaining tomato powder using infrared processing and drying // Bulliten KrasSAU. 2024;(1): 169–175. (In Russ.).

Введение. Переработка или консервирование собранного урожая плодов и овощей, в т. ч. и томатов, направлено на сохранение в них витаминов и минеральных веществ, а также подготовку к использованию в пищу без длительной кулинарной обработки. Одной из ресурсосберегающих технологий переработки томатов является тепловая обработка и сушка томатов для получения томатного порошка и его применения при приготовлении хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. Овощные порошки, в т. ч. и томатные, отличаются высокими питательными свойствами, служат полуфабрикатом для предприятий пищевого концентратной промышленности и общественного питания и применяются при приготовлении хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. К примеру, томатный порошок в качестве одного из ингредиентов нашел применение при приготовлении

крекера [1], хлеба из пшеничной муки [2], заварных пряников [3], печенья [4–8], экструдированных снеков [9]. Приведенные примеры использования томатного порошка в пищевой промышленности показывают большой спектр применения этого пищевого полуфабриката, что подчеркивает актуальность исследований.

Для тепловой обработки и сушки томатов применяют различные способы и технические средства. В последние десятилетия для сушки томатного сырья широкое применение получил способ инфракрасной (ИК) обработки и сушки.

Цель исследования – получение томатного порошка с использованием ИК-обработки и сушки для применения при приготовлении мучных кондитерских изделий.

Задачи: проведение анализа на содержание макро- и микроэлементов в томатном порошке, полученном при различных температурах на-

грева, и определение содержания витамина С в томатном порошке при хранении.

Объекты и методы. Объектом исследования явились томаты сорта Митридат, собранные в 2022 году в Ангарском районе Иркутской области, и томатный порошок, полученный путем ИК-обработки и сушки свежих измельченных томатов. ИК-обработка и сушка томатов была реализована на экспериментальной сушильной установке. Определение минеральных веществ и витаминов в томатном порошке проводили с помощью следующих методов: железо, медь и цинк – по ГОСТ 30178-96; кальций, магний, марганец, натрий и калий – по ГОСТ 32343-2013; витамин С – по ГОСТ Р ЕН 14130.

Результаты и их обсуждение. Качество и себестоимость томатного порошка зависят от способа уборки, хранения после уборки, подготовки к тепловой обработке и сушке, режима тепловой обработки и сушки, упаковки и условий хранения готовой продукции.

Аппаратурно-технологическая схема производства и томатного порошка с использованием ИК-обработки и сушки представлена на рисунке 1. Перед отправлением на сушку томаты от места хранения по ленточному транспортеру 1 поступают на мойку, после которой проводится

инспекция на транспортере 3 и на столе для доочистки томатов 4, включающая в себя просмотр и отбраковку непригодных томатов, а также вырезку поврежденных участков плодов, полученных при сборе и хранении. Для взвешивания томатов применяют весы 5 для статического взвешивания среднего класса точности с наибольшим пределом взвешивания 25 кг. Одним из важнейших и энергозатратных этапов переработки томатов для получения томатного порошка является процесс инфракрасной обработки и сушки до остаточной влажности 10–12 %. Устройство и принцип действия установки для сушки пищевых растительных материалов подробно описаны в работе [10]. Измельчение сушеных томатов до порошкообразного состояния осуществляется с помощью мельницы. Герметичная упаковка сушеных томатов и томатного порошка в полиэтиленовый пакет с предварительным удалением воздуха из пакета производится с использованием вакуумного упаковщика типа Clatronic FS 3261. Качество томатов, поступающих на переработку для получения томатного порошка, проверяется на соответствие характеристикам и нормам, указанным в ГОСТ 34298-2017.

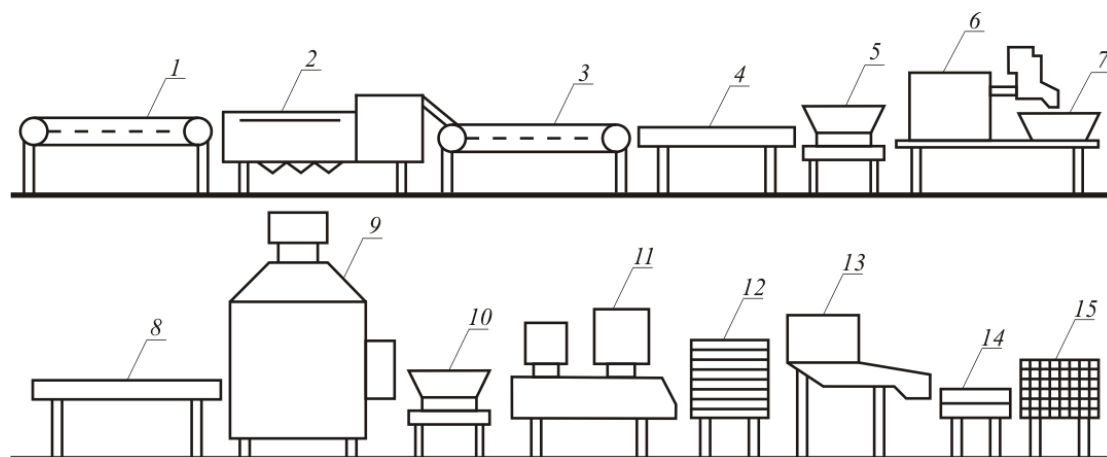


Рис. 1. Аппаратурно-технологическая схема производства томатного порошка: 1 – ленточный транспортер; 2 – машина для мойки и очистки томатов; 3 – инспекционный транспортер; 4 – стол для доочистки томатов; 5 – стол с весами; 6 – плодоовощерезка; 7 – емкость для измельченных томатов; 8 – стол для раскладки ломтиков томатов в пищевые лотки; 9 – ИК-сушильный шкаф; 10 – стол с весами; 11 – мельница; 12 – мукопросеиватель (ситовой анализатор); 13 – бункер готового продукта; 14 – вакуумный упаковщик; 15 – контейнеры с готовой продукцией

ИК-обработка и сушка томатов реализована в осциллирующем режиме «нагрев – охлаждение» (рис. 2), принцип действия которого заключается в том, что в период инфракрасной обработки τ_p ломтики томатов нагреваются до предельной допустимой температуры нагрева со значительным испарением жидкости в поверхностных слоях, а в период охлаждения τ_n с включением в работу вентилятора для удаления влаги из сушильного шкафа ломтики томатов охлаждаются в результате испарения жидкости за счет аккумулированного тепла. При таком

способе управления процессом инфракрасной обработки общая продолжительность нагрева ломтиков томатов невелика, а период охлаждения используется не только для охлаждения, но и для сушки. В рабочей камере установки ИК-излучатели размещены таким образом, чтобы соблюдался принцип объемного облучения. Конструкция установки позволяет легко производить их замену. Регулирование работы излучателей при различных режимах ИК-энергоподвода осуществляется с помощью измерителя-регулятора ОВЕН ТРМ 251.

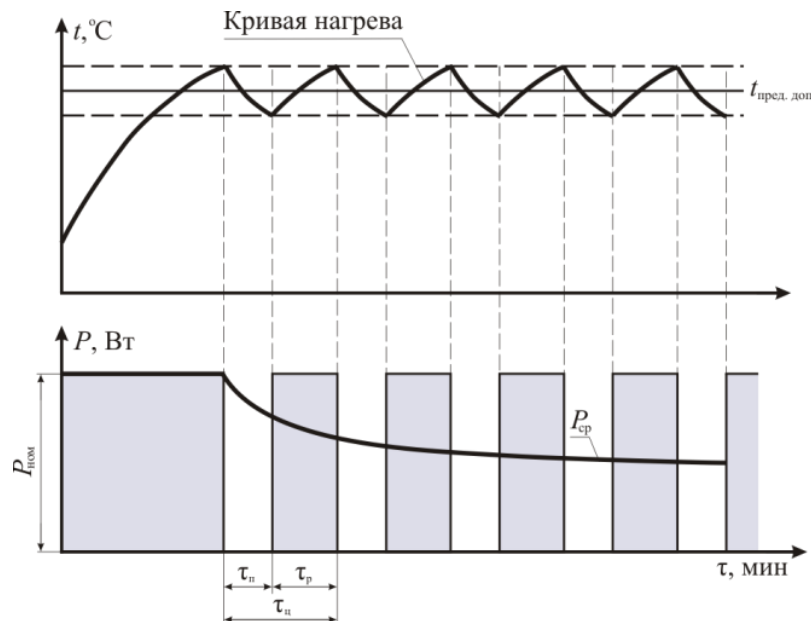


Рис. 2. Осциллирующий способ ИК-энергоподвода

Проведено исследование двух режимов ИК-энергоподвода – при температуре нагрева томатов 50 и 60 °С. Выбор предельно допустимой температуры нагрева 60 °С обоснован тем, что при превышении данной температуры нагрева в разы увеличиваются нежелательные изменения качества в сушеных томатах. Для эффективного процесса влагоудаления из томатов при ИК-обработке и сушке томаты нарезаются на восемь равных ломтиков (рис. 3). Выбор данной формы нарезки томатов объясняется тем, что в процессе сушки ломтиков томатов, размещенных на поверхности пищевого лотка со стороны кожицы, практически не происходит прилипания к лотку, изготовленному из пищевого алюминия, а также отсутствует стекание жид-

кости из сочных семенных камер на инфракрасные излучатели, размещенные снизу.

Общее время ИК-обработки и сушки томатов до остаточной влажности 10–12 % при температуре нагрева 50 °С составило 480 мин, а при температуре нагрева 60 °С – 420 мин. Результаты исследования на содержание минеральных веществ в томатном порошке представлены в таблице 1.

Сравнение результатов по содержанию минеральных веществ в томатном порошке (см. табл. 1) свидетельствуют о том, что увеличение температуры нагрева с 50 до 60 °С привело к увеличению потерь всех макро- и микроэлементов. В большей степени потери при сушке томатов с температурой нагрева томатов 60 °С отразились на содержании железа, меди, натрия и цинка.



Рис. 3. Внешний вид измельченных плодов томата

Таблица 1

Содержание макро- и микроэлементов в томатном порошке, мг/кг

Показатель	Температура нагрева, °С	
	50	60
Кальций	142	101
Магний	1954	1614
Калий	7210	6661
Натрий	245	140
Железо	32±8	16±4
Цинк	9,7±2,5	5,2±1,3
Медь	0,96±0,25	0,48±0,12
Марганец	5,5	3,5

Полученные данные, представленные в таблице 1, показывают, что томатный порошок содержит достаточное количество макро- и микроэлементов. Томатный порошок, полученный путем ИК-обработки и сушки при температуре нагрева 50 °С, удовлетворяет суточную потребность взрослого человека в магнии, калии, железе и марганце соответственно на 48,85 %; 28,84; 22,86 и 27,5 %.

Для определения сохранности витаминного состава в томатном порошке при хранении было проведено исследование порошка на содержание витамина С (рис. 4). Томатный порошок массой 500 г, герметично упакованный в поли-

мерные пакеты, был заложен на хранение с сентября 2022 г. по май 2023 г. в сухом, чистом и проветриваемом помещении кафедры энергообеспечения и теплотехники Иркутского ГАУ при относительной влажности воздуха 65–70 % и температуре 20±2 °С. Содержание витамина С в томатном порошке после девяти месяцев хранения снизилось в исследуемых образцах на 18–19 % (рис. 4), при этом органолептические показатели качества томатного порошка не изменились: внешний вид – порошкообразный; цвет – светло-оранжевый (рис. 5); запах и вкус – свойственный сушеным томатам без посторонних запахов.

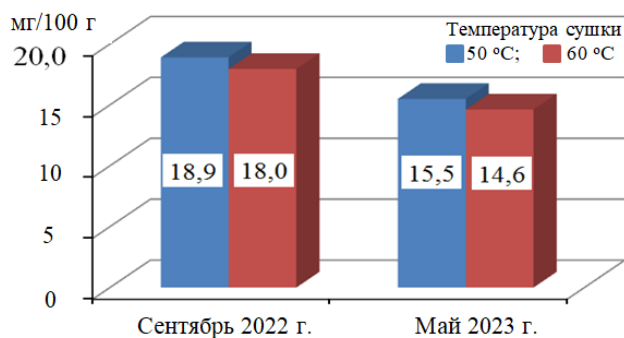


Рис. 4. Содержание витамина С в томатном порошке



Рис. 5. Внешний вид томатного порошка ИК-сушки

Результаты исследований по витаминному и аминокислотному составам полученного томатного порошка отражены в работах [11, 12]. Томатный порошок, полученный по предложенной технологии (см. рис. 1, 2), содержит весь комплекс витаминов и незаменимых аминокислот, что позволяет рекомендовать его к использованию при приготовлении мучных кондитерских изделий.

Заключение. Изучено содержание минеральных веществ в томатном порошке, полученном из нарезанных томатов, высушенных при температурах нагрева 50 и 60 °С путем измельчения на центробежной мельнице. Установлено, что увеличение температуры нагрева томатов в процессе инфракрасной обработки и сушки с 50 до 60 °С приводит к потере макро- и микроэлементов от 21,1 до 86,5 %, а по железу и меди – к уменьшению в 2 раза. Результаты исследований показали, что в большом количестве содержатся в томатном порошке инфракрасной сушки физиологически значимые для человека элементы, удовлетворяющие суточную потребность взрослого человека в магнии, калии, железе и марганце соответственно на 48,85 %; 28,84; 22,86 и 27,5 %.

Исследована степень сохранности витамина С в томатном порошке при хранении с соблюдением оптимальных условий хранения. Выявлено, что в герметично упакованном томатном порошке инфракрасной сушки за девять месяцев хранения не происходит существенных изменений органолептических показателей качества, наблюдается лишь снижение содержания витамина С на 18–19 % от исходного состояния. Данное обстоятельство говорит о том, что удаление влаги из томатов до влажности ниже 12 % для получения томатного порошка позволяет сохранять герметически упакованные продукты с высоким содержанием полезных веществ в обычных условиях длительное время.

Список источников

1. Использование тонкодисперсных порошков овощей в технологии крекера / С.Я. Корякина [и др.] // Хлебопродукты. 2015. № 9. С. 57–59.
2. Влияние овощных порошков на реологические свойства теста и хлеба из пшеничной муки / О.В. Перфилова [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2016. № 1. С. 71–79.
3. Потапова А.А., Перфилова О.В. Мучные кондитерские изделия, обогащенные эссенциальными микронутриентами овощного сырья // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2014. № 4 (4). С. 50–54.
4. Применение томатного порошка при приготовлении печенья / И.В. Алтухов [и др.] // Актуальные вопросы аграрной науки. 2021. № 41. С. 5–13.
5. Шершнева П.С., Тимошенкова И.А., Москвичева Е.В. Разработка рецептур и технологии галетного печенья с добавлением томатного криопорошка // Балтийский морской форум: мат-лы IX Междунар. Балтийского форума: в 6 т. Калининград, 2021. Т. 5. С. 115–121.
6. Characterization, oxidative perspectives and consumer acceptability of tomato waste powder supplemented cookies / U. Ahmad [et al.] // The Journal of Animal & Plant Sciences. 2017. № 27 (6). P. 2045–2055.
7. Bhat M.A., Ahsan H. Physico-chemical characteristics of cookies prepared with tomato pomace powder // Journal Food Process Technol. 2015. № 7. P. 543.
8. Bhat N.A., Wani I.A., Hamdani A.M. Tomato powder and crude lycopene as a source of natural antioxidants in whole wheat flour cookies // Heliyon. 2020. № 6. P. e03042.
9. Impact of tomato pomace powder added to extruded snacks on the in vitro gastrointestinal behaviour and stability of bioactive compounds / S. Yagci [et al.] // Food Chemistry. 2022. № 368. P. 130847.
10. Очиров В.Д., Федотов В.А., Алтухов И.В. Экспериментальная ИК-установка для сушки плодов и овощей // Вестник ИрГСХА. 2017. № 81-2. С. 90–96.
11. Алтухов И.В., Быкова С.М., Очиров В.Д. Перспективы применения томатного порошка в рецептуре песочного печенья // Вестник КрасГАУ. 2021. № 12. С. 254–259.
12. Использование томатного порошка в технологии приготовления печенья / С.М. Быкова [и др.] // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2022. № 5 (76). С. 79–85.

References

1. Ispol'zovanie tonkodispersnyh poroshkov ovo-schej v tehnologii krepera / S.Ya. Koryachkina [i dr.] // Hleboprodukty. 2015. № 9. S. 57–59.
2. Vliyanie ovoschnykh poroshkov na reologicheskie svoystva testa i hleba iz pshenichnoj muki / O.V. Perfilova [i dr.] // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 1. S. 71–79.
3. Potapova A.A., Perfilova O.V. Muchnye konditerskie izdeliya, obogaschennye `essencial'nymi mikronutrientami ovoschnogo syr'ya // Tehnologii pischevoj i pererabatyvayushej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2014. № 4 (4). S. 50–54.
4. Primenenie tomatnogo poroshka pri prigotovlenii pechen'ya / I.V. Altuhov [i dr.] // Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki. 2021. № 41. S. 5–13.
5. Shershneva P.S., Timoshenkova I.A., Moskvicheva E.V. Razrabotka receptur i tehnologii galetnogo pechen'ya s dobavleniem tomatnogo krioporoshka // Baltijskij morskoy forum: mat-ly IX Mezhdunar. Baltijskogo foruma: v 6 t. Kaliningrad, 2021. T. 5. S. 115–121.
6. Characterization, oxidative perspectives and consumer acceptability of tomato waste powder supplemented cookies / U. Ahmad [et al.] // The Journal of Animal & Plant Sciences. 2017. № 27 (6). P. 2045–2055.
7. Bhat M.A., Ahsan H. Physico-chemical characteristics of cookies prepared with tomato pomace powder // Journal Food Process Technol. 2015. № 7. P. 543.
8. Bhat N.A., Wani I.A., Hamdani A.M. Tomato powder and crude lycopene as a source of natural antioxidants in whole wheat flour cookies // Heliyon. 2020. № 6. P. e03042.
9. Impact of tomato pomace powder added to extruded snacks on the in vitro gastrointestinal behaviour and stability of bioactive compounds / S. Yagci [et al.] // Food Chemistry. 2022. № 368. P. 130847.
10. Ochirov V.D., Fedotov V.A., Altuhov I.V. `Eksperimental'naya IK-ustanovka dlya sushki plodov i ovoschej // Vestnik IrGSHA. 2017. № 81-2. S. 90–96.
11. Altuhov I.V., Bykova S.M., Ochirov V.D. Perspektivy primeneniya tomatnogo poroshka v recepture pesochnogo pechen'ya // Vestnik KrasGAU. 2021. № 12. S. 254–259.
12. Ispol'zovanie tomatnogo poroshka v tehnologii prigotovleniya pechen'ya / S.M. Bykova [i dr.] // Tehnologiya i tovarovedenie innovacionnykh pischevykh produktov. 2022. № 5 (76). S. 79–85.

Статья принята к публикации 01.11.2023 / The article accepted for publication 01.11.2023.

Информация об авторах:

Светлана Михайловна Быкова¹, старший преподаватель кафедры энергообеспечения и теплотехники, аспирант кафедры энергообеспечения и теплотехники

Вадим Дансарунович Очиров², заведующий кафедрой энергообеспечения и теплотехники, кандидат технических наук, доцент

Игорь Вячеславович Алтухов³, заведующий научно-исследовательской лабораторией энергосбережение в электротехнологиях, доктор технических наук, доцент

Information about the authors:

Svetlana Mikhailovna Bykova¹, Senior Lecturer at the Department of Energy Supply and Heat Engineering, graduate student of the Department of Energy Supply and Heat Engineering

Vadim Dansarunovich Ochirov², Head of the Department of Energy Supply and Heat Engineering, Candidate of Technical Sciences, Docent

Igor Vyacheslavovich Altukhov³, Head of the Research Laboratory of Energy Saving in Electrical Technologies, Doctor of Technical Sciences, Docent