

УДК 664.8036:62

Инновационные режимы стерилизации компота из черешни в автоклавах с предварительным нагревом плодов в банках насыщенным водяным паром и двухступенчатым охлаждением

А. М. ДАРБИШЕВА, С. А. АБДУРАХМАНОВА

Дагестанский государственный технический университет
367015, Республика Дагестан, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70
Д-р техн. наук А. Ф. ДЕМИРОВА¹, д-р техн. наук М. Э. АХМЕДОВ²
¹uma.demirova@mail.ru, ²akhmag49@mail.ru

Дагестанский государственный университет народного хозяйства
367008, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Д. Атаева, 5

Представлены результаты исследований тепловой стерилизации компота из черешни с использованием новых технологических приемов — предварительного нагрева плодов в банках насыщенным водяным паром со стерилизацией в автоклавах по ускоренным режимам с использованием двухступенчатого охлаждения. Охлаждение осуществляется в автоклаве, в котором происходит тепловая обработка до температуры охлаждающей воды 55 °С (по традиционной технологии охлаждение проводится до температуры воды 35–40 °С), со снижением противодавления в аппарате до 0 кПа и продолжением охлаждения в другой емкости при постоянной температуре воды ~ 35–40 °С. Установлено, что двухступенчатое охлаждение обеспечивает существенное сокращение продолжительности режимов тепловой обработки консервов и экономию тепловой энергии более 50000 кДж на 1 туб продукции. Это достигается снижением тепловых потерь, так как при консервировании по предлагаемому способу температуру сиропа необходимо снижать не до 60 °С от 100 °С (температура варки сиропа), как предусмотрено традиционной технологией, а до 97–98 °С, т.е. практически до температуры варки. Исследования по прогреваемости и фактической летальности микроорганизмов подтверждают, что разработанные режимы обеспечивает промышленную стерильность консервов, одновременно обеспечивает экономию тепловой энергии и сокращение продолжительности режима тепловой стерилизации, по сравнению с режимом традиционной стерилизации, на 30 мин. Выявлено, что по своим органолептическим и физико-химическим свойствам компоты, стерилизованные по разработанным режимам, отвечают требованиям ГОСТов на готовую продукцию.

Ключевые слова: стерилизация, консервы, способ, температура, насыщенный пар, плоды, двухступенчатое охлаждение, режим стерилизации, качество продукта.

Информация о статье

Поступила в редакцию 28.03.2016, принята к печати 08.07.2016

doi: 10.21047/1606-4313-2016-15-3-18-22

Ссылка для цитирования

Дарбишева А. М., Абдурахманова С. А., Демирова А. Ф., Ахмедов М. Э. Инновационные режимы стерилизации компота из черешни в автоклавах с предварительным нагревом плодов в банках насыщенным водяным паром и двухступенчатым охлаждением // Вестник Международной академии холода. 2016. № 3. С. 18–22.

New modes of cherry compote sterilization in autoclaves with preheating of fruits in jars with saturated steam and two-stage cooling

A. M. DARBISHEVA, S. A. ABDURAKHMANOVA

Dagestan state technical university
367015, Republic of Dagestan, Mahachkala, pr. I. Shamilja, 70
D. Sc. A. F. DEMIROVA¹, D. Sc. M. E. AHMEDOV²,
¹uma.demirova@mail.ru, ²akhmag49@mail.ru
Dagestan state university of a national economy
367008, Republic of Dagestan, Makhachkala, D. Atayev St., 5

The research results of cherry compote thermal sterilization with the use of the new technology — preheating of fruits in jars with saturated steam and sterilization in autoclaves with two-stage cooling — are presented. The cooling is performed in cooling apparatus (autoclave) where the heat treatment is carried out to reach the cooling water temperature of 55 °С (compared to 35–40 °С by conventional technology), with a decrease in pressure in the apparatus up to 0 kPa and subsequent cooling

in another container at the constant water temperature of 35–40 °C. Two-stage cooling is shown to provide a significant reduction of the heat treatment time and energy savings of more than 50000 kJ per one thousand jars. It is resulted from the decrease of heat losses as with the technique proposed the syrup temperature should be decreased from 100 °C (syrup boiling temperature) only to 97–98 °C instead of conventional 60 °C. The results for mortality and the actual warming of microorganisms confirm that the proposed modes meet the required commercial sterility requirements for finished products. At the same time they are energy- and time-efficient due to 30-minute shorter time of heat sterilization. The sensory and physicochemical properties of compotes produced with the technique under investigation are shown to meet GOST Standard for finished products.

Keywords: sterilization, canned food, technique, temperature, saturated steam, fruit, two-stage cooling, sterilization treatment, product quality.

Фрукты, а также продукты их переработки являются незаменимыми источниками витаминов, органических кислот, минеральных веществ, необходимых для полноценной жизнедеятельности людей. С учетом тех обстоятельств, что фрукты, особенно косточковые плоды, имеют ярко выраженную сезонность поступления и непродолжительные сроки хранения, возникает необходимость разработки и внедрения таких способов их переработки, при которых обеспечивается более полное сохранение состава исходного сырья [1–3].

Тепловая стерилизация является самым надежным и наиболее распространенным способом консервирования пищевых продуктов для длительного хранения [4–6].

При этом существующие и используемые на практике традиционные способы консервирования пищевых продуктов с использованием тепловой стерилизации являются громоздкими в аппаратурном оформлении, энергоемкими и продолжительными по времени.

Все эти обстоятельства выдвигает на передний план развития научной мысли проблему создания новых высокоэффективных и ресурсосберегающих технологий переработки растительного сырья, обеспечивающих конкурентоспособность и высокое качество готовой продукции.

Из литературных источников известно, что наиболее эффективным способом совершенствования процесса стерилизации является повышение начальной температуры консервов перед стерилизацией с использованием различных тепловых и физических процессов [2, 3, 7–10]. Это позволит существенно интенсифицировать процесс последующей тепловой обработки, как в плане сокращения продолжительности тепловой обработки, так и обеспечении относительной равномерности тепловой обработки продукта, находящегося в различных точках банки.

Предварительные экспериментальные исследования, проведенные при разработке параметров режимов стерилизации консервируемых продуктов с использованием способа повышения начального температурного уровня продукта, показали, что из-за высокого значения температурного уровня продукта при укупорке банки, несколько снижается величина уровня давления, создающегося в банках в процессе тепловой стерилизации. Это в свою очередь позволяет процесс тепловой обработки проводить при более низких значениях противодавления в аппарате для тепловой стерилизации (автоклаве). Кроме того, обеспечивается возможность проведения процесса охлаждения в два этапа в данном аппарате до температуры охлаждающей воды 50–55 °C

(по традиционной технологии охлаждение проводится до температуры воды 35–40 °C) со снижением противодавления в аппарате до 0 кПа, и продолжением охлаждения в другой емкости при постоянной температуре воды, равной 35–40 °C.

Выбор температурных параметров (35–40 °C) охлаждающей воды на втором этапе охлаждения обуславливается вопросами обеспечения необходимого температурного перепада при охлаждении банок с продуктом, обеспечивающим предотвращение термического боя тары, которая выдерживает температурный перепад в пределах 25–27 °C.

Повышение начального температурного уровня продукта в банках, перед герметизацией с последующей стерилизацией, способствует получению положительного эффекта не только с теплофизической стороны процесса стерилизации, но в большей степени с микробиологической. Поскольку, чем выше температура продукта к началу стерилизации, тем естественно меньше микроорганизмов останется в стерилизуемой банке. Следовательно, как результат возрастает эффект стерилизации [2, 11–13]. Выбор значений начальной температуры продукта перед герметизацией осуществляли с учетом тех обстоятельств, что с точки зрения стерилизующего воздействия температуры, то практически вплоть до 75–80 °C, оно незначительно, и этот период нагрева целесообразнее как можно ускорить.

Целью данной работы является изучение возможности совершенствования и интенсификации режимов тепловой стерилизации компота из черешни с использованием предварительного нагрева плодов в банках насыщенным водяным паром и двухступенчатого охлаждения.

Сущность способа заключается в следующем.

В банки укладывают подготовленные плоды в соответствии с традиционной технологией. Далее по традиционной технологии в банки заливают сироп с температурой 60 °C, герметизируют и направляют в аппарат для стерилизации (автоклав), где осуществляют тепловую обработку по определенным режимам (табл. 1).

Предлагаемый способ предусматривает расфасованные в банки плоды в течение 80–120 с (в зависимости от объема банки) подогреть посредством импульсного, с интервалом 10 с, подачи пара (10 с подача пара далее 10 с выдержка) и так в течение 80–120 с (в зависимости от объема банки), при этом поверхность банки, для предотвращения термического боя, в течение всего процесса вдувания пара в банку обдувается нагретым до 110–120 °C воздухом. После этого в банки заливают сироп темпера-

Таблица 1

**Режимы стерилизации консервов
«Компот из черешни» в автоклаве
по традиционной технологии**

Наименование консервов	Расфасовка	Режимы стерилизации
Компот из черешни	1-58-200	$\frac{20 - (12 - 18) - 20}{100} \cdot 118$ кПа
Компот из черешни	1-82-350	$\frac{20 - (12 - 18) - 20}{100} \cdot 118$ кПа
Компот из черешни	1-82-500	$\frac{20 - (15 - 20) - 20}{100} \cdot 118$ кПа
Компот из черешни	1-82-1000	$\frac{25 - (30 - 35) - 25}{100} \cdot 118$ кПа

турой 97–98 °С, закатывают и направляют в стерилизационный аппарат для тепловой обработки по ускоренным режимам стерилизации с двухступенчатым охлаждением.

Средняя начальная температура продукта в банке после герметизации по предлагаемому способу составляет 75–78 °С, а по традиционной технологии 38–40 °С.

Таким образом, начальная температура продукта по предлагаемому способу перед началом стерилизации на 37–38 °С больше, по сравнению со способом консервирования по традиционной технологии. Это способствует снижению температурного перепада между наиболее и наименее нагреваемыми точками продукта в процессе стерилизации, так как нагрев продукта будет начинаться с одинаковой для центра и периферии температуры, равной 75–78 °С, а не 38–40 °С.

Кроме того, предлагаемый способ обеспечивает существенную экономию тепловой энергии за счет снижения тепловых потерь, так как при консервировании по предлагаемому способу температуру сиропа нужно будет снижать не до 60 °С от 100 °С (температура варки сиропа), как предусмотрено традиционной технологией, а до 97–98 °С, т.е. практически при температуре варки.

Кроме того, увеличение начальной температуры продукта в банках перед стерилизацией, обеспечивающее при этом снижение давления в банке в процессе тепловой стерилизации, позволит снизить величину противодействия в автоклаве до 88 кПа, против 118 кПа (по традиционной технологии). Кроме того дает возможность проведения процесса охлаждения в два этапа, в данном аппарате до 50–55 °С охлаждающей воды с продолжением охлаждения в другой емкости при температуре воды 35–40 °С, без противодействия.

В связи с отмеченным выше, предлагается охлаждать консервы при стерилизации по рекомендованному способу в два этапа: в автоклаве, где осуществляется процесс нагрева до температуры стерилизации и выдержка, охлаждать консервы до температуры воды в автоклаве, равной 55 °С, т.е. на 15–20 °С больше, чем по режиму традиционной технологии, с последующим продолжением охлаждения в другой емкости без противодействия и при температуре воды, равной 35–40 °С.

Такой способ охлаждения позволяет, во-первых, значительно экономить тепловую энергию (более

38000 кДж) на нагрев воды в автоклаве перед загрузкой очередной партии консервов, так как в данном случае нагрев воды будет осуществляться не от 35–40 °С, как принято по режиму традиционной технологии, а от 55 °С, и, кроме того, имеет место экономия охлаждающей воды.

Режим стерилизации консервов «Компот из черешни» в таре СКО 1-82-1000 в автоклаве по предлагаемому способу можно выразить в следующем виде:

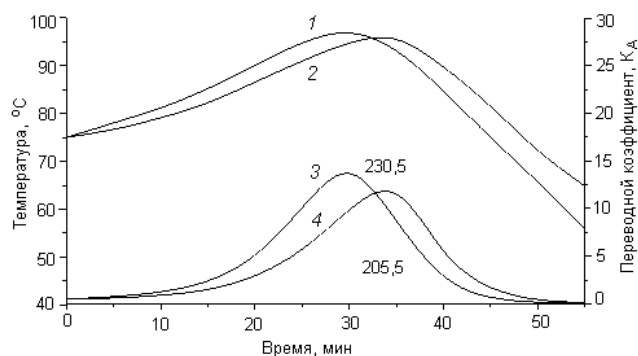
$\frac{10 - 20 - 20}{85 - 100 - 55} \cdot 88$ кПа с последующим продолжением охлаждения в другой емкости по режиму $\frac{5}{40}$.

Здесь 10 — продолжительность периода нагрева воды в автоклаве от 85 до 100 °С, мин; 20 — продолжительность периода собственной стерилизации при 100 °С, мин; 20 — продолжительность первой ступени охлаждения воды в автоклаве от 100 °С до 50 °С, мин; 85 — начальная температура воды в автоклаве перед загрузкой консервов, °С; 100 — температура стерилизации, °С; 55 — конечная температура воды в автоклаве после первой ступени охлаждения, °С; 5 — продолжительность второй ступени охлаждения в другой емкости при 35–40 °С, мин; 40 — температура воды в емкости для проведения второго этапа охлаждения °С; 88 — противодействие в автоклаве, кПа.

Способ обеспечивает существенную экономию тепловой энергии и за счет снижения тепловых потерь, имеющие место на доведение температуры сиропа при заливке до требуемого значения (60 °С) по традиционной технологии, так как при консервировании по предлагаемому способу температуру сиропа нужно будет снижать не до 60 °С, как предусмотрено по традиционной технологии, а практически сироп можно заливать при температуре варки. Экономия тепловой энергии на выработку 1 туба консервов, за счет повышения начальной температуры сиропа может составить более 24000 кДж.

На рисунке представлены кривые прогреваемости и фактической летальности микроорганизмов при тепловой стерилизации компота из черешни в банках СКО 1-82-1000 в автоклавах с предварительным нагревом плодов в банках насыщенным паром и двухступенчатым

охлаждением по режиму: $\frac{10 - 20 - 20}{85 - 100 - 50} \cdot 88$ кПа, $\frac{5}{40}$.



Кривые прогреваемости (1, 2) и фактической летальности микроорганизмов (3, 4) режима тепловой стерилизации компота из черешни в банке объемом 1,0 л с предварительным нагревом плодов в банках насыщенным водяным паром и двухступенчатым охлаждением

Таблица 2

**Режимы стерилизации консервов
«Компот из черешни» в автоклаве
с предварительным нагревом плодов насыщенным
водяным паром и двухступенчатым охлаждением**

Наименование консервов	Расфасовка	Режимы стерилизации
Компот из черешни	1-58-200	$\frac{10 - (8 - 10) - 15}{85 - 100 - 40} \cdot 88 \text{ кПа} \frac{5}{40}$
Компот из черешни	1-82-350	$\frac{10 - (8 - 10) - 15}{85 - 100 - 40} \cdot 88 \text{ кПа} \frac{5}{40}$
Компот из черешни	1-82-500	$\frac{10 - (10 - 15) - 15}{85 - 100 - 40} \cdot 88 \text{ кПа} \frac{5}{40}$
Компот из черешни	1-82-1000	$\frac{10 - (15 - 20) - 20}{85 - 100 - 40} \cdot 88 \text{ кПа} \frac{5}{40}$

Как видно из рисунка, режим обеспечивает промышленную стерильность консервов, одновременно обеспечивает экономию тепловой энергии, сокращение продолжительности режима тепловой стерилизации по сравнению с режимом традиционной стерилизации на 30 мин, а также повышение производительности аппаратов для тепловой стерилизации и качество готовой продукции.

Однако при использовании насыщенного водяного пара для нагрева плодов в банках имеет место некоторое снижение концентрации сиропа в компоте, за счет конденсации водяного пара, подаваемого в банку с плодами. Для устранения этого недостатка нами предлагается повысить концентрацию заливаемого в банку сиропа, несколько уменьшив его количество (на величину образующегося при конденсации пара конденсата).

Концентрацию сиропа и его количество, заливаемое в банку, рассчитывают таким образом, чтобы после тепловой обработки паром (после конденсации пара в таре) количество жидкой фазы в банке и ее концентрация соответствовали требованиям действующей технологической инструкции. Концентрацию заливочной жидкости можно определить по формуле:

$$x = \frac{mn}{m - m_1},$$

где x — концентрация заливки или сиропа, подаваемого в банку при пароконтактном нагреве, %; n — концентрация заливки или сиропа, предусмотренная по рецептуре действующей технологической инструкции, %; m — количество сиропа или заливки, подаваемого в банку по рецептуре действующей инструкции, г; m_1 — количество конденсата, образующегося в банке с продуктом при пароконтактном нагреве (определяется опытным путем или на основании теплового расчета).

Для качественной оценки были исследованы химико-технологические, органолептические и микробиоло-

гические показатели консервов, изготовленных по разработанным режимам, что подтвердили их высокое качество.

Новые режимы стерилизации компота из черешни в автоклавах с предварительным нагревом плодов насыщенным водяным паром и двухступенчатым охлаждением представлены в табл. 2.

Как видно из сравнения режимов стерилизации, представленных в табл. 1 и 2, использование предварительного нагрева плодов в банках насыщенным водяным паром способствует сокращению продолжительности режимов тепловой стерилизации по сравнению с режимами традиционной технологии до 30 мин.

Использование двухступенчатого охлаждения, обеспечивает экономию тепловой энергии за счет того, что при стерилизации очередной партии консервов нагрев воды в аппарате (автоклаве) будет осуществляться не от 35–40 °С (что предусмотрено по традиционной технологии), а от 50–55 °С, что способствует экономии тепловой энергии более чем на 50000 кДж на 1 туб продукции.

По своим органолептическим свойствам компоты, изготовленные со стерилизацией по разработанным режимам, отвечают требованиям ГОСТов на готовую продукцию.

Производственная проверка показала, что разработанные режимы стерилизации гарантируют выпуск доброкачественных консервов.

Литература

1. *Сабуров Н. В., Антонов М. В.* Хранение и переработка плодов и овощей. — М.: Сельхозиздат, 1963. 320 с.
2. *Флауменбаум Б. Л., Танчев С. С., Гришин М. А.* Основы консервирования пищевых продуктов. Учебное пособие — М.: Агропромиздат. 1986. 120с.
3. *Рогачев В. И.* Справочник по производству консервов. — М.: Пищевая промышленность, 1979.
4. Сборник технологических инструкций по производству консервов. Т 2. — М.: Пищ. пром-сть, 1977.
5. *Alskog L.* Sterilization of foods containing particles // Recent developments in aseptic technology. Conference, United Kingdom, 4–6 Dec., 1989, 26 p.
6. *Демирова А. Ф., Ахмедов М. Э., Ахмедова М. М., Дарбишьева А. М., Загиров Н. Г.* Высокотемпературная тепловая стерилизация консервированного компота из груши с двухступенчатым нагревом плодов в ЭМП СВЧ. // Вестник Международной академии холода. 2015. № 1. с. 16–19.
7. Патент РФ № 2513190. Способ производства компота из яблок. Ахмедов М. Э., Демирова А. Ф., Дибиргаджиева Х. Г., Рахманова М. М. Бюл. № 11 от 20.04.2014.
8. *Ахмедов М. Э., Исмаилов Т. А.* Режимы ротационной стерилизации консервов «Компот из черешни» в потоке горячего воздуха с воздушно-водоиспарительным охлаждением. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2006. № 3. С. 18–20.
9. *Ахмедов М. Э.* Интенсификация технологии тепловой стерилизации консервов «Компот из яблок» с предварительным подогревом плодов в ЭМП СВЧ. // Известия вузов. Пищевая технология. 2008. № 1. С. 15–16.
10. *Алексеев Е. В., Быстрова Е. А.* Мониторинг эффективности применения ферментных препаратов для обработки

- ягод брусники при получении сока. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 3. С. 177–181.
11. Флауменбаум Б. Л. Сокращение продолжительности режимов стерилизации малоокислотных консервов за счет повышения температурного уровня. // Известия вузов. Пищевая технология. 1983 № 5. С. 3–4.
 12. Рогачев В. И., Бабарин В. П. Местоположение наименее прогреваемой точки в банке с продуктом. // Консервная и овощесушильная промышленность. 1973. № 9. С. 10–11.
 13. Ахмедов М. Э., Демирова А. Ф., Загиров Н. Г., Пиняскин В. В. Обоснование целесообразности применения щадящих режимов тепловой стерилизации для производства консервируемых продуктов с высоким содержанием витаминов // Вестник Международной академии холода. 2016. № 1. С. 9–12.
 6. Demirova A. F., Akhmedov M. E., Akhmedova M. M., Darbisheva A. M., Zagirov N. G. High temperature sterilization of pear compote with two-stage heating of fruits in SHF electromagnetic field. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2015. No 1. p. 16–19. (in Russian)
 7. Patent RF № 2513190. Way of production of compote from apples. Akhmedov M. E., Demirova A. F., Dibirgadzhiyeva Kh. G., Rakhmanova M. M. Byul. No 11, 20.04.2014. (in Russian)
 8. Akhmedov M. E., Ismailov T. A. The modes of rotational sterilization of canned food «Sweet Cherry Compote» in a stream of hot air with air and water vaporizing cooling. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. 2006. No 3. p. 18–20. (in Russian)
 9. Akhmedov M. E. Intensification of technology of thermal sterilization of canned food «Apples Compote» with preliminary heating of fruits in EMP microwave oven. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2008. No 1. p. 15–16. (in Russian)
 10. Alekseenko E. V., Bystrova E. A. Monitoring of efficiency of application of fermental preparations for processing of berries of cowberry when receiving juice. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2015; (3):177–181. (in Russian)
 11. Flaumenbaum B. L. Reduction of duration of the modes of sterilization of low-acid canned food due to increase of temperature level. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 1983. No 5. p. 3–4. (in Russian)
 12. Rogachev V. I., Babarin V. P. Location of the least warmed up point in bank with a product. *Konservnaya i oshchesushil'naya promyshlennost'*. 1973. No 9. p. 10–11. (in Russian)
 13. Akhmedov M. E., Demirova A. F., N. G. Zagirov, Pinyaskin V. V. Mild heat sterilization for production of canned food with high vitamin content. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2016. No1. p. 9–12. (in Russian)

References

1. Saburov N. V., Antonov M. V. Storage and processing of fruits and vegetables. Moscow, Sel'khozizdat, 1963. 320 p. (in Russian)
2. Flaumenbaum B. L., Tanchev S. S., Grishin M. A. Bases of conservation of foodstuff: Manual. Moscow, Agropromizdat, 1986. 120 p. (in Russian)
3. Rogachev V. I. Reference book on production of canned food. Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1979. (in Russian)
4. Collection of technological instructions for production of canned food. Vol. 2. Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1977. (in Russian)
5. Alskog L. Sterilization of foods containing particles. *Recent developments in aseptic technology*. Conference, United Kingdom, 4–6 Dec., 1989, 26 p.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

ТРИ КЛИМАТИЧЕСКИХ КИТА ИНДУСТРИИ ХОЛОДА. ДОМИНАНТЫ УСТОЙЧИВОСТИ И СИНДРОМЫ НЕТРАДИЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Конференция состоится

1 февраля 2017 г.

в Институте холода и биотехнологий Университета ИТМО

по адресу: Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9 (ст. метро «Достоевская», «Владимирская», «Звенигородская»)

Заявки на участие в конференции принимаются до 15.01.2017 г. (с пометкой "Хладагенты")

на электронный адрес: max_iar@irbt-itmo.ru; laptey_yua@mail.ru

Тел./Факс: (812) 571-69-12, 571-56-89

ТЕМЫ, ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

- Вызовы климата. Парижский Саммит и спасение мира от глобального потепления;
- Аммиак на все времена: Eurammon и российский опыт;
- Диоксид углерода – новые горизонты;
- Фторолефины – перспективные хладагенты с низким GWP;
- Нетрадиционная холодильная техника;
- Абсорбционные и адсорбционные термотрансформаторы;
- Нанофлюиды в рабочих веществах искусственного охлаждения и термотрансформаторах;
- Экологически безопасные и энергоэффективные решения технологий генерации теплоты, холода и систем кондиционирования;
- Свойства хладагентов, процессы тепло- и массообмена в системах низких температур и низкопотенциальной энергетики;
- Хладоносители – экологичность и эффективность;
- Системы с малой заправкой хладагента;
- Проблемы климата и инженерное мерзлотоведение;
- Север и глобальное потепление;
- Экологически безопасная низкотемпературная изоляция;
- Смазочные масла низкотемпературных установок и тепловых насосов;
- Термоэлектрические материалы в системах охлаждения;
- Сжиженные природные газы, водородная энергетика.