



**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА  
АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



**ЕНЕРГІЯ. БІЗНЕС. КОМФОРТ**



**Одеса  
2017**

УДК [620.9:628.87]:334.723  
ББК [620.9:628.87]:334.723  
Е 61

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ОДЕСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ СОЮЗ НАУКОВИХ ТА ІНЖЕНЕРНИХ  
ОБ'ЄДНАНЬ УКРАЇНИ  
КОНСАЛТИНГОВА ЛАБОРАТОРІЯ «ТЕРМА»

## **ЕНЕРГІЯ. БІЗНЕС. КОМФОРТ**

Е 61 Енергія. Бізнес. Комфорт: матеріали науково-практичної конференції (16 листопада 2017 р.). – Одеса: ОНАХТ, 2017. 68 с.

У збірнику подано тези доповідей науково-практичної конференції.

Збірник містить тези пленарних доповідей, доповідей по енергетичному та екологічному менеджменту (секція 1), альтернативній енергетиці (секція 2), енергоефективним технологіям та обладнанню (секція 3), моделюванню енерготехнологій (секція 4) та тези доповідей молодих вчених (секція 5).

Матеріали науково-практичної конференції

16 листопада 2017 року

Одеса  
2017

**СЕКЦІЯ 1**  
**ЕКОЛОГІЧНИЙ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ**

**Бурдо О.Г.**, докт. техн. наук, професор  
(КЛ «ТЕРМА» Одесса, Украина)

**РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Дефицит энергии в мире постоянно растет, стабильно повышается стоимость энергоносителей. Актуальность проблемы энергетической эффективности возрастает. Наиболее острые проблемы характерны для Украины, которая из энергорасточительной, но энергообеспеченной, оказалась энергодефицитной страной, но до сих пор осталась энергорасточительной. Поэтому, энергетический кризис в Украине развивается чрезвычайно остро. При этом, в стране отсутствуют научно обоснованные Энергетические программы, нет действенной системы энергоменеджмента.

В настоящее время Украина – аграрная страна. При этом агропромышленный комплекс является лидером по объему потребляемых энергетических ресурсов. Удельные затраты энергии в АПК в 2-4 раза выше, чем в развитых странах. Наиболее энергоемкими являются технологии обезвоживания пищевого сырья. Строгих методов оценки энергетической эффективности, особенно для инновационных энерготехнологий, нет.

Нерешенные проблемы возникают при сравнении энергоэффективности электротехнологий и теплотехнологий, поскольку используются различные виды энергии; отсутствуют объективные показатели эффективности использования энергии в различных технологиях обезвоживании сырья. Энергетические методы удобны только для термодинамического анализа, экономические показатели для условий Украины – не стабильны. Известные методы энергетического менеджмента, которые оперируют коэффициентом удельного энергопотребления (КУЭ), и удельным расходом энергии на 1 кг удаленной влаги (J), не дают корректные результаты. Поэтому актуален вопрос развития научных основ и методов энергетического менеджмента для объективного сравнения энергетической эффективности технологий.

В основе предлагаемой методологии положена следующая гипотеза: «объективные результаты при сравнении эффективности использования энергии при переработке сырья можно получить на основе системного анализа всей цепи конверсии энергии от топлива до готового продукта».

На основе предложенной гипотезы предлагается оперировать в расчетах базовыми характеристиками источника энергии, например топлива с теплотой сгорания 40 МДж/кг. Т.е., 1кг нефтяного эквивалента (кг н.э.) выделяет энергию в 40 МДж/кг н.э.

Для проведения анализа вводятся показатели эффективности использования энергии топлива:

- доля полезной в процессе энергии;
- соотношение кг удаленной влаги к кг н.э.:

$$d_0 = \frac{\text{кг удаленной влаги}}{\text{кг нефтяного эквивалента}}$$

Предложенная методология принята при оценке эффективности использования энергии в традиционных технологиях сушки и выпаривания и предложенных в ОНАПТ методов сушки и выпаривания в электромагнитном поле (ЭМП) [1, 2]. Выполнено сравнение традиционных принципов криоконцентрирования и разработанного в ОНАПТ аппарата блочного вымораживания [3]. Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ традиционных и инновационных принципов концентрирования

энерго технология	КУЭ, МДж/кг влаги	J, МДж/кг н.э.	do, кг в/кг н.э.
сушка традиционная	4 - 7	4 - 9	1 - 3
сушка в ЭМП	2 - 4	10 - 20	5 - 6
выпарка + сушка традиционная	2,8	8 - 20	3 - 6
выпарка в ЭМП	2,7	10 - 20	3,5 - 7,5
криоконцентрирование	1,1	24	20 - 21
блочное вымораживание	0,3 - 0,7	35	50 - 100

Значение  $d_0 = 6$  кг в/кг н.э. в настоящее время достигнуто при испытаниях сушильных аппаратов с ЭМП. Визуально отмечено, что из камеры выходит пароводяная смесь. Аппараты реализуют режим бародиффузии, а это существенно снижает расход энергии. Реально достичь значений  $d_0 = 50$  кг в/кг н.э. при четком согласовании мощности ЭМП генераторов с характеристиками пищевого сырья.

В энергетическом аспекте наиболее эффективны (по предложенной методике оценки) вымораживающие установки. Объясняется такой феномен тем, что физическая энергия кристаллизации в 7 раз меньше, чем выпаривания. В установках блочного вымораживания используется возможность возврата в холодильный цикл энергии льда (рециклинг льда). При правильном согласовании конструкции аппарата, характеристик раствора и режимов вымораживания значения  $d_0 = 100$  кг в/кг н.э. являются реальными. Более того, установки блочного вымораживания гарантируют сохранение пищевого потенциала сырья.

Литература

1. Бурдо О.Г., Пищевые нанозерготехнологии – Херсон, 2013 – 294с.
2. Burdo O.G. Nanoscale effects in food-production technologies // Journal of Engineering Physics and Thermophysics – 2005.- Vol.78, Issue 1.- P.90-96.
3. Бурдо О.Г. Холодильные технологии в системе АПК - Одесса: Полиграф 2009 - 288с.

Керш В.Я., докт. техн. наук, профессор, Суханов В.Г.  
(ОГАСА, г. Одесса, Украина)

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЗДАНИЯХ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Жилые и общественные здания Украины являются крупнейшими потребителями энергоресурсов, значительная часть которых используется нерационально и непродуктивно по ряду причин: низкие требования к энергоэффективности при проектировании, некачественная эксплуатация зданий и инженерного оборудования, большие потери при генерировании и транспортировке энергоносителей.

Существенное снижение энергопотерь в зданиях возможно при реализации комплексных энергосберегающих мероприятий, таких как: утепление ограждающих конструкций, замена окон, обустройство входных тамбуров, остекление открытых балконов и лоджий, индивидуальный учет потребленной тепловой энергии, автоматическое регулирование подачи тепла, энергоэффективное освещение с автоматическим управлением, использование альтернативных источников энергии и др. технически вполне реализуемы. Имеющийся опыт положительного применения перечисленных мероприятий в жилых и общественных зданиях Беларуси, Литвы, Казахстана показывает, что фактическая экономия энергоресурсов после комплексной термомодернизации может достигать 70%.

Однако в городе существует большая группа зданий исторической застройки, относящихся к объектам культурного наследия, охраняемых государством. Наружное утепление таких зданий практически исключено, во многих случаях под охраной находится и интерьер, внутренняя отделка помещений. Общепринятые указания по тепловой санации таких объектов пока отсутствуют. Наш опыт энергетического обследования и разработки предложений по термомодернизации здания музея западного и восточного искусства, позволяет сформулировать некоторые рекомендации общего характера по утеплению ограждающих конструкций для объектов – памятников архитектуры.

Отдельные гладкие участки стен, особенно внутренних фасадов, обращенных во двор, могут покрываться теплоизолирующими штукатурками, совместимыми с материалом основы, с соответствующей паропроницаемостью. Чердачные перекрытия следует утеплить базальтовой ватой. При наличии световых фонарей, они должны быть заменены на энергосберегающие стеклопакеты либо дополнены ими. Следует утеплить пол и стены отапливаемых подвалов либо перекрытия неотапливаемых. Отдельные помещения, в том числе служебные, могут быть утеплены с внутренней стороны. Для таких случаев, например, разработаны технология и комплекс материалов «CAPAROL», со встроенной в теплоизолирующий слой дренажной системой для отвода конденсата.

Как правило, площадь остекления исторических зданий достаточно большая, соответственно велика и доля теплопотерь через них. Расстояние

между деревянными рамами может превышать 500 мм, что позволяет расположить внутри дополнительный стеклопакет. Также можно оборудовать межстекольный промежуток роллетами, это резко снизит радиационные потери тепла в ночное время и теплопотупления в теплый период года.

Особое внимание следует уделить герметизации дверей, количество которых в рассматриваемых зданиях достаточно велико. Часто они расположены на противоположных сторонах здания, что увеличивает инфильтрацию холодного воздуха. При возможности, следует оборудовать внутренние входные тамбуры с двойными дверьми и автоматическими доводчиками.

Остальные энергосберегающие решения связаны с модернизацией систем климатизации и освещения.

**Воїнова С.О.**, канд.техн.наук (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

**Воїнов О.П.**, д-р.техн.наук (ОДАБА, м. Одеса, Україна)

### **ВОЗДЕЙСТВИЕМ МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ НЕОБХОДИМО УПРАВЛЯТЬ**

Мировое производство успешно развивается со середины 19-го века. Этому позитивному для человечества процессу неизменно сопутствует остро негативный процесс вредного воздействия производства на окружающую природную среду (ПС), на живую и на неживую природу. Уже во второй половине прошлого века защитный механизм природы исчерпал возможности компенсации возрастающего вредного воздействия на его состояние со стороны производства. Процесс ухудшения состояния ПС ускоряется, нависшая над природой опасность возрастает.

Сформировавшаяся проблема защиты ПС от воздействия производства по важности, сложности и безотлагательности необходимого ее решения уникальна. Она приобрела главенствующее, приоритетное положение среди проблем развития человечества. Угрожающее состояние ПС и проблема защиты ее от вредного воздействия производства были обсуждены и освещены в документах мирового значения: Киотском протоколе (1997г.) и в Парижском соглашении по климату (2015г.).

Отметим тот факт, что среди многочисленных отраслей производства наиболее активной по степени и по многообразию форм вредного воздействия на ПС является энергетика. Ее вредное воздействие велико и с ее развитием возрастает с ускорением. Факторы вредного воздействия на ПС со стороны энергоустановок, работающих на органическом топливе, на ядерном горючем и с использованием нетрадиционных источников энергии многочисленны.

Известно, что в энергохозяйстве энергия, полученная от источника и использованная потребителем, с учетом всех ее потерь в процессе энергообеспечения, превращается в теплоту и выделяется в окружающую

среду. То есть полезная целевая функция энергетики неизбежно сопровождается вредным эффектом – передачей всей полученной от источника энергии природной среде. Последствием является опасное для ПС повышение температуры атмосферного воздуха на Земле (тепловое загрязнение атмосферы). Вторым вредным эффектом воздействия энергетики на ПС является выделение в атмосферу с газообразными продуктами сгорания топлива углекислоты и других парниковых газов. Это обуславливает глобальное усиление парникового эффекта – повышения температуры атмосферного воздуха. В итоге, возникает тепловое загрязнение атмосферы, опасное изменение климата. Кроме этого, энергетика оказывает еще ряд вредных воздействий на ПС.

Сокращение воздействия производства на ПС возможно при условии оказания на него высококачественного и ответственного управляющего воздействия. Оно должно состоять в использовании автоматизированных систем управления разного административного уровня, а также использовании на каждом техническом объекте систем автоматического управления уровнем технологической эффективности функционирования.

Управлению должны быть подчинены не только создаваемые технические объекты, но и объекты созданные. Действующее изношенное оборудование необходимо обновлять, с использованием подходов, инновационно насыщенных методов и средств управления уровнем их технологической эффективности.

Одним из средств повышения экологичности производства является реализация программы энергосбережения, имеющей природоохранную сущность.

Постановка системы управления воздействием производства на ПС должна иметь комплексно-системный характер.

**Жихарєва Н.В.**, канд.техн.наук (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

### **ПРАКТИЧНЕ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ КОНДИЦІОНАННЯ ПОВІТРЯ**

Комфортні системи кондиціонування повітря призначені для створення і автоматичної підтримки температури, відносної вологості, чистоти і швидкості руху повітря, що відповідають оптимальним санітарно-гігієнічним вимогам.

Практичне рішення задачі підвищення ефективності систем кондиціонування повітря залежить від математичного моделювання кліматичного режиму об'єкта, що дозволяє за короткий відрізок часу при невеликих витратах отримати значення цільової функції для варіантів комплектів обладнання спільно з варіантами теплового опору огорожень за час нормативного терміну експлуатації. В результаті повинні бути отримані терміни окупності варіантів енергозберігаючого обладнання і величини економії, отриманої після досягнення моменту окупності до закінчення нормативного терміну. [1,2].

Необхідно відзначити, що енергозбереження найбільш ефективно, якщо воно проводиться на всіх стадіях життєвого циклу об'єкта. від вибору на етапі проектування кліматичного обладнання та величини теплового опору огорожень, опрацювання доцільності використання поновлюваних джерел енергії, об'єктивного і висококваліфікованого енергоаудиту за результатами першого року експлуатації і енергоменеджменту до моменту капітальної модернізації об'єкта або його повної зупинки перед утилізацією обладнання. [2,3,4].

У цьому ключі за результатами першого року експлуатації бажано порівняти витрати електроенергії за лічильником з результатами розрахунків, що зумовили вибір енергозберігаючого обладнання і співвідношення витрат на пасивні (огорожі) і активні (обладнання) засоби забезпечення мікроклімату об'єкта.

За результатами додаткового математичного моделювання, з урахуванням фактичних витрат енергії за перший рік роботи, можуть бути прийняті рекомендації, наприклад, по установці додаткового енергозберігаючого обладнання, посилення теплоізоляції огорожень, скорочення періоду між чистками фільтра і т.д.

З огляду на вище викладене, нами запропонована і протестована наступна цільова функція спільної оптимізації теплового захисту об'єкта (теплового опору огорожень приміщення), в якому забезпечується заданий мікроклімат, і продуктивності енергозберігаючого кліматичного обладнання активної системи забезпечення цього мікроклімату. Цільова функція спільної оптимізації сумарної вартості теплової захисту приміщень та кліматичного обладнання, цілий рік забезпечують заданий мікроклімат.

Розроблена цільова функція є різницею початкових додаткових інвестицій в енергозберігаюче обладнання і додатковий тепловий захист і економії за 7 років експлуатації, отриманої від цього обладнання і посилення теплового захисту, яка забезпечує мінімум затрат.

$$Prf = \min \left[ \Delta P_{st} + P_{sob} - \sum_{i=1}^T \frac{\Delta Q_g}{(1+d-R)^i} \right] \quad (1)$$

Цільову функцію ( $P_{tf}$  - target function) для спільної оптимізації пропонуємо визначити з урахуванням можливої зміни вартості електроенергії та коефіцієнта дисконтування валюти.

$\Delta P_{st}$  – додаткова вартість утеплення зовнішніх огорожень з метою посилення теплового захисту приміщень із заданим мікрокліматом [3];

$P_{sob}$  – витрати на покупку і установку в систему енергозберігаючого обладнання (наприклад: рекуператора або всього комплексу енергозберігаючого обладнання об'єкта);

$i$  – номер року після введення в експлуатацію енергозберігаючого обладнання;

$\Delta Q_g$  – річна економія вартості споживаної електроенергії в результаті використання енергозберігаючого обладнання і посилення теплозахисту

об'єкта (розраховується за середньомісячним температур зовнішнього середовища), кВт;

$d$  – річний коефіцієнт дисконтування національної валюти;

$R$  – коефіцієнт річного зростання вартості (кВт години);

$p_{el}$  – вартість кВт години електроенергії з ПДВ.

Результати математичного моделювання дозволяють визначити по середньомісячним зовнішнім температурам енергоефективне обладнання, яке при оптимальній товщині ізоляції огорожень, забезпечує мінімум витрат та мінімальний строк окупності. На основі розрахунків, можливо, оцінити кліматичне обладнання для будь-якого регіону і вибрати оптимальне з врахуванням доцільно-економічної товщини ізоляції.

#### Література

1. Табушников Ю.А. Бродач. М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. – М.: АВОК-ПРЕСС. – 2002. – 194 с
2. Жихарева Н.В. . Моделирование і оптимізація системи кондиціонування повітря – Одеса: «ТЭС», 2016. – 170 с + додатки
3. Zhikhareva N. Optimization of conditionsng system for fremises with non stasionari heat exchanger // “Norwegian Journal of development of the International Science – 2017 (VOL2 ). – № 5– P.94–99.
4. Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г. Математичне моделювання нестационарного теплообміну приміщень // Холодильна техніка і технологія 2016. –Том.52 №6. – С. 75-77.

**Бурдо О.Г.** докт.техн.наук, професор, **Мординський В.П.**, канд.техн.наук, доцент, **Светлічний П.І.**, канд.техн.наук, доцент (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

### СТРАТЕГІЧНІ ЗАВДАННЯ ПО ВПРОВАДЖЕННЮ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПРОГРАМИ ОНАХТ

Система тепlopостачання ОНАХТ становилась за умовами монопольної уяви про централізоване тепlopостачання і надзвичайно низьких цін на паливо. Стрімке зростання вартості паливно-енергетичних ресурсів не сприяло розвитку технологій використання енергії, що ще більше погіршило її стан. Термічний опір огорожень нижче ніж сучасні нормативні показники, найгірша ситуація у корпусі Д. Сплата за спожиту енергію здійснює бухгалтерія. Відсутній аналіз, визначення хто ефективно її використовував, а хто марнотратно. Відсутнє розуміння сучасних технологій експлуатації будівель, насамперед – елементів енергетичного менеджменту. Наслідком цього може бути суттєве погіршення фінансового стану ОНАХТ.

Невирішеність питань, що відносяться до системи енергоменеджменту, правового поля (відсутність мотивації до економного та екологічно ефективного використання енергетичних ресурсів), недостатній професійний рівень обслуговуючого персоналу потребує негайних дій.

**Метою** енергетичної Програми ОНАХТ, основаної на інноваційному розвитку і впровадженню швидкоокупних технологій, є ефективне використання енергетичних ресурсів при сталому розвитку освітньої та

наукової діяльності академії, й забезпечення необхідного рівня комфорту в учбових корпусах та гуртожитках.

Стратегічними завданнями Програми є:

- створення при ОНАХТ постійно діючого центру енергетичного моніторингу (ЦЕМ), підпорядкованого Ректору;
- підготовка кваліфікованих фахівців і створення системи енергоменеджменту;
- здійснення енергетичного аудиту, розробка проектів по зменшенню витрат енергоносіїв, обґрунтування пріоритетів при їх впровадженні;
- поступовий перехід від 4 рівня енергоменеджменту (витрати за енергоносії сплачуються академією без ретельного аналізу) до 3 рівня (проводиться аналіз та визначення питомих витрат енергії по підрозділах);
- послідовний перехід до сучасних принципів експлуатації будівель (теплової санації, організації контролю за розходами енергії підрозділами, мотивація енергозощадження, та т.п.);
- продовжувати оптимізацію організаційних заходів скорочення витрат енергії;
- кошти, що отримано від впровадження енергоефективних проектів, направляти на реалізацію нових енергетичних проектів, чим створити систему з частковим самофінансуванням таких проектів;
- виховувати у співробітників та студентів нову філософію природокористування, головна теза якої – енергія це товар, який треба навчитись ефективно використовувати при діяльності академії.

При плануванні першочерговими вважаються проекти, що мають мінімальний термін окупності та потребують незначних інвестицій. Практикувати напрацювання нових технічних рішень на пілотних об'єктах з подальшим впровадженням досвіду на аналогічних підрозділах ОНАХТ. Обґрунтовано використовують вторинні, нетрадиційні та поновлювані джерела енергоресурсів.

За рахунок використання приведених вище заходів з терміном їх окупності не більше 4 років забезпечити зменшення витрат енергії та економію не менше 50 % відносно базової витрати.

Проблема виходу енергетики ОНАХТ з кризового стану принципово може бути вирішена двома варіантами:

- шляхом експлуатації будівель за сучасними технологіями, а наявного обладнання за умови необхідного його модернізації;
- шляхом підготовки фахівців - енергоменеджерів для роботи в структурі ЦЕМ, та надання знання з елементів енергоменеджменту всім співробітникам академії.

Модернізація енергетики ОНАХТ дозволить підвищити енергоефективність академії, зменшити витрати за використанні енергетичні ресурси й наблизитися до вимог Європейського Союзу щодо питомих показників використання енергетичних та матеріальних ресурсів в будівлях.

**Ватренко О.В.**, д-р. техн. наук  
(ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

## **ПОРІВНЯННЯ ПИТОМИХ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТАРИ**

Споживча упаковка будь-якого товару є невід'ємною частиною товарної продукції і входить в її вартість. Після споживання або використання продукції вона стає непотрібною споживачеві і викидається у сміття. Нерідко те ж саме відбувається і з деякими видами транспортної упаковки. Однак сучасна упаковка є високотехнологічним продуктом, який надійно захищає продукцію, а відтак коштує конкретних грошей і викидати ці «гроші» це дороге, нерозумне і шкідливе для навколишнього середовища, а отже і для людей, задоволення.

На виготовлення упаковки витрачаються чималі матеріальні та енергетичні ресурси. Сучасна пакувальна індустрія дає можливість виробникові пакувати один і той же товар у різні види упаковки, які можуть суттєво відрізнитися за матеріалоемністю та енерговитратами. Виробник пакованої продукції, залежно від того як він хоче презентувати свій товар, сам приймає рішення яку упаковку йому краще обрати. І вірний напрямок, як і загальна тенденція, спрямовані на здешевлення упаковки, але завжди були і будуть такі види продукції на яких ніхто економити не буде – ні виробник, ні споживач. Саме тому індустрія упаковки є такою різноманітною та динамічно розвивається. Стосовно матеріальних та енергетичних витрат на виробництво того чи іншого виду упаковки, то ситуацію на світовому ринку постійно відслідковується.

Найбільші питомі енерговитрати, тобто на одиницю маси пакованої продукції, мають місце при виробництві металевої упаковки та закупорювальних засобів. Ця упаковка виготовляється з жерсті та алюмінію. Головними напрямками зниження енерго- та матеріальних витрат тут є зменшення товщини металевого прокату для виробництва тари, що досягається шляхом збільшення жорсткості тари та твердості прокату.

Ще одним важливим напрямком є утилізація металевої упаковки. В 2013 році рівень утилізації металевої тари в ЄС досяг 75 %. 1 т утилізованої жерсті економить 70 % енергії, у порівнянні з виготовленням її природних ресурсів, 2 т природної сировини і в 1,5 рази зменшує викиди CO<sub>2</sub>. З іншого боку у виробництві металевої упаковки з'явилася позитивна тенденція – в ЄС енергія на виробництво жерсті та алюмінію стає все більше «зеленою», зростає частка відновлюваної енергії.

Далі з невеликою різницею у енерговитратах іде скляна тара. Вона виготовляється з мінеральної шихти з додаванням склобою. Головними напрямками зниження енерго- та матеріальних витрат тут є зменшення ваги тари та збільшення використання склобою, тобто також утилізація. Разом з вагою знижуються і енергоресурси.

Для зменшення ваги тари зменшують товщину стінки пляшки. Це досягається шляхом загартування тари після формування, що збільшує міцність до розбиття або зменшує її вагу. Використання склобою потребує менших енерговитрат, ніж під час виготовлення тари з первинної сировини. Рециклінг зменшує енергоспоживання. На кожні 10% склобою у складі шихти економія енергії становить 3 %, викиди CO<sub>2</sub> падають на 7%. Ще один напрямок зниження енергоресурсів – це зменшення споживання енергії піччю для варіння скломаси за рахунок покращення згоряння та застосування спеціальних вогнетривких матеріалів.

Виробництво картонно- паперової та полімерної упаковки загалом потребує суттєво менших енерговитрат ніж металевої чи скляної. Головними напрямками зниження енерго- та матеріальних витрат тут є зменшення товщини плівки чи паперу та збільшення їх міцності. Для полімерної упаковки це ще й покращення структури існуючих та розробка нових полімерних матеріалів. Однак тут слід розуміти, що полімерні матеріали є більш технологічними і універсальними ніж скло чи метал. Так з полімерів можна виготовляти і жорсткі та напівжорсткі вироби такі, як пляшки і бочки, які виготовляються також зі скла чи металу, і гнучку упаковку – пакети і мішки, які виготовляються також з паперу. Полімерні матеріали можна легко комбінувати між собою та з папером, картоном чи алюмінієвою фольгою, створюючи гнучкі багатошарові та комбіновані матеріали. Крім того полімерні плівки піддаються металізації.

Питомі енерговитрати на виробництво пакету з будь-якого полімеру, який використовується в упаковці, є як мінімум на порядок меншими ніж на виробництво жерстяного контейнеру для пакування такого ж об'єму продукції. Якщо порівнювати питомі енерговитрати на виробництво полімерних і паперових пакетів, то при виготовленні полімерного пакету використовується в середньому 18% енергії, необхідної на виготовлення паперового пакету. Таким чином мінімальні енерговитрати будуть при виробництві полімерної упаковки з гнучких матеріалів.

#### **Література**

1. Кривошей, В. Упаковка в українських реаліях / В. Кривошей. – Львов: Укр. акад. печати, 2017. – 285 с.
2. Пакувальна індустрія (технічні рішення в рамках ініціативи Save Food): матеріали XI наук.-практ. конф., Львів, обл., смт Брюховичі, 20-21 верес. 2017 р. / К.: ІАЦ Упаковка, 2017. – 222 с.

**Каламан О.Б.**, к.е.н., доцент кафедри менеджменту і логістики (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЯК РЕЗУЛЬТАТ ЯКІСНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ВИНОГРАДАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ**

Виноградарство оцінюють як прибутковий і економічно ефективний підкомплекс галузі сільського господарства. Однак, на нинішньому етапі

розвитку спостерігається зменшення обсягів виробництва його продукції, зростання собівартості та зниження частки прибутку товаровиробників. У порівнянні з іншими підгалузями виноградарство здатне швидко окупати вкладення, давати доходи в прогнозованих розмірах, але зрозуміло, при строгому дотриманні технологічної, фінансової та організаційно-господарської дисципліни.

Сьогодні матеріально-технічна оснащеність не досягає необхідного рівня, монополює низькі ціни на виноград, що встановлюються покупцями - переробниками, слабка матеріальна зацікавленість працівників, недостатня підтримка розвитку підкомплексу державою, недоліки управлінського і господарського персоналу призводять до погіршення економічного стану і без того фінансово слабкої галузі. В умовах ринкової економіки необхідні глибокі спостереження за відродженням господарської діяльності товаровиробників, які займаються виноградарством.

Розвиток виноградарства залежить від місця, яке воно займає в економіці сільського господарства регіону, ступеня залучення виробничих і трудових ресурсів, форм інтегрування з іншими галузями аграрного виробництва і промисловості для вирішення завдань зростання життєвого рівня робітників галузі.

Нинішнє становище економіки виноградарства характеризує його як галузь, знову формується. Виробнича база та матеріально-технічна оснащеність все ще далекі від оптимальних обсягів для його розвитку. Експлуатаційні виноградні насадження знаходяться в зношеному стані, їх оновлення і докорінну перебудову проводяться низькими темпами, що вимагає тривалого часу на доведення їх до стану активного використання для виробництва продукції.

Основним продуктом виноградарської діяльності є виноград, споживаний в свіжому вигляді або перероблений для отримання продуктів з іншими новими якостями. Повне використання всіх можливостей і поліпшення асортименту видів продукції дозволяє значно підвищити ефективність галузі. На жаль, недостатнє поширення набуває переробка винограду для виробництва безалкогольної продукції: виноградного соку, маринадів, варення, сиропу, винного оцту, повидла та інших товарів, що користуються великим попитом на продовольчому ринку. Крім того, практично всі частини виноградної рослини: споживані в свіжому вигляді ягоди, сушений виноград, продукти його переробки, відходи (вичавки), чубуки, зелена маса і молоде листя виноградних насаджень можуть використовуватися для отримання доходу.

На території Одеської області є можливість для створення виробничого потенціалу з розвитку виноградарства, значно перевищує рівень валового збору винограду попередніх періодів, при раціональному використанні площ під виноградниками в сучасних економічних умовах, поліпшення матеріально-технічної оснащеності, регулювання фінансово - кредитних відносин. Виноградарські підприємства в змозі отримувати, при повному дотриманні комерційних принципів доходу, в розмірах, що покривають

виробничі витрати. Невиправдане підвищення цін на найнеобхідніші матеріали промислового виробництва, предмети використання і тарифів на енергію призводить до зростання матеріаломісткості і собівартості продукції, зниження значень основних економічних показників і фінансових результатів діяльності виноградарських підприємств. У цих умовах без всебічно обґрунтованих критеріїв і показників ефективності, наукової методології визначення та використання ресурсів у виноградарстві неможливо позитивне вирішення цих та інших проблем.

Необхідною умовою зростання економічної ефективності в виноградарстві на даному етапі стало збільшення випуску продукції при покращенні ресурсного потенціалу і оптимальному поєднанні з ним матеріальних і трудових витрат. Особливості виробництва винограду не завжди вписуються в загальні стандартні схеми визначення економічної ефективності: в одних ситуаціях вона розраховується при порівнянні отриманого ефекту з ресурсами, а в інших - зіставленні його з витратами праці і матеріальними витратами. На наш погляд, при оцінці ефективності виробництва винограду більш правильно враховувати його результат у вигляді валового випуску продукції, валовій доданій вартості і прибутку до загального виробничого потенціалу.

Оскільки виробництво винограду пов'язано з використанням земельних, трудових і матеріально-технічних ресурсів, то розрахунок економічної ефективності виробництва повинен виражатися відношенням отриманого ефекту до необхідних ресурсів. Для сільгоспорганізацій виноградарської спеціалізації пропонується формула розрахунку економічної ефективності такого змісту:

$$E = \text{ВВП (ВДС; ЧДС; П)} / (\text{З} + \text{Ок} + \text{Об} + \text{Тр}),$$

де E - економічна ефективність виробництва;

ВВП - валовий випуск продукції виноградарства;

ВДС і ЧДС - валова і чиста додана вартість галузі;

П - прибуток від продажу продукції;

З - вартість землі, площі багаторічних насаджень;

Ок - вартість основного виробничого капіталу;

Об - вартість оборотного виробничого капіталу;

Тр - вартість оцінки трудових ресурсів або оплата праці.

Даний узагальнюючий показник, на нашу думку, найкращим чином характеризує мету виробництва і засоби її досягнення. Проведені спостереження із застосуванням даного показника разом з відомими окремими показниками (врожайність, витрати праці на 1 ц винограду, продукція на одного працівника, ін.) дали результати, що дозволяють найбільш об'єктивно судити про розвиток галузі. Основним економічним важелем, що забезпечує ефективність виробництва винограду, є досягнення рівня спеціалізації, який дозволить визначити максимальні показники його виробництва, формувати відповідну матеріальну і технічну базу, не

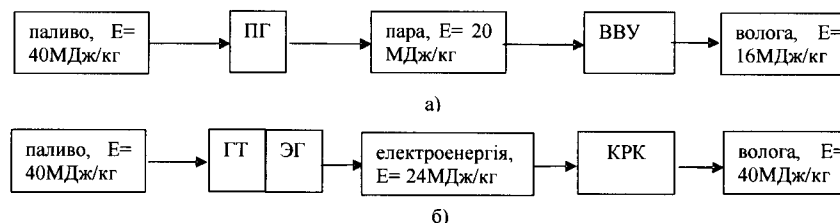
порушувати цільове використання фінансових ресурсів і сприятиме пошуку альтернативних рішень щодо розширення галузі.

**Давар Р. Пур** (Фірма «D.R.P.Group, м. Тегеран, Іран)

**Бурдо О.Г.**, докт. техн. наук., професор (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

### ЕНЕРГЕТИЧНІ БАЛАНСИ ТЕХНОЛОГІЙ КОНЦЕНТРУВАННЯ

Концентрування харчової рідини має проводитись так, щоб продукт мінімально змінювався. При випаровуванні зависі та колоїдні речовини (пектинові, білкові та дубильні) концентруються у поверхні нагріву та викликають локальний перегрів та пригорання. Цукри карамелізуються та дають потемніння завдяки реакції Майяра. Вітаміни, ферменти, фенольні речовини чутливі до теплоти, вони частково окислюються та змінюються. Летучі ароматичні речовини вилучаються разом із паром, що приводить до втрат характерного фруктових запаху [1, 2]. Тому кріоконцентрування гарантує менші втрати поживних властивостей сировини. Більш за те, концентрування виморожуванням економічніше за випаровування. Так, на випаровування 1 т води витрачається  $26,0 \cdot 10^5$  кДж теплоти, для кристалізації 1 т води необхідно відвести  $3,33 \cdot 10^5$  кДж [3]. Детальний аналіз проведемо методами енергетичного менеджменту [4], та порівняємо традиційні схеми випаровування із інноваційною технологією блокового виморожування. Оскільки ці схеми використовують різні джерела енергії, аналіз зведемо до визначення ефективності використання первинного полива органічного походження із теплотою згоряння 40МДж/кг. Методологія енергетичного менеджменту оснований на системному аналізі всього технологічного ланцюга «первинне паливо – його конверсія у відповідні види енергії – мережа - споживач». В технологічних комплексах що аналізуються елементи зосереджено компактно, тому вплив мереж не враховується (рис.1).



**Рис. 1. Конверсія енергії в технологіях зневоднення (всі параметри приведені до 1кг палива): а) – традиційне випаровування; б) - кріоконцентрування.**

На рис.1 прийняті наступні позначення: ПГ - парогенератор; ВВУ – вакуум-випарна установка; ЕГ – електрогенератор; ГТ – газова турбіна; КРК - кріоконцентратор. В розрахунках прийнято: енергетичний ККД

перетворення палива в електричну енергію на газотурбінних станціях 60%; а електричний холодильний коефіцієнт 1,5 – 2.

Наведені оцінки свідчать про енергетичні та економічні переваги апаратів блокового виморожування (рис.1).

**Висновки.** Економічна ефективність інноваційної технології визначається наступним. Енергетичні витрати на переведення води у тверду фазу в 7 разів менші, ніж у пару. Технологічні переваги в тому, що отримуємо висококонцентрований продукт з практично повним збереженням поживного потенціалу. Дослідження кінетики кріоконцентрування гранатового соку в апаратах блокового виморожування показали, що запропоновані технології дозволяють отримати концентрати гранатового соку до 50 °brix, а це суттєво перевищує відомі аналоги. Логістична привабливість в тому, що продукт займає менший об'єм, потребує менших витрат енергії при зберіганні та палива при транспортуванні.

#### **Література**

1. S. Chantasiriwan. Simulation of quadruple-effect evaporator with vapor bleeding used for juice heating // International Journal of Food Engineering 2016, Vol. 2, No. 1, pp. 36-41.
2. Manal A. Sorour. Optimization of multiple effect evaporators designed for fruit juice concentrate // American Journal of Energy Engineering, 2015, pp. 6-11.
3. Бурдо О.Г. Холодильные технологии в системе АПК - Одесса: Полиграф 2009 - 288с.
4. Бурдо О.Г., Милинчук С.И., Мордынский В.П., Харенко Д.А. Техника блочного вимороживання Одесса: Полиграф, 2011 - 294с.

**Клімашенко Р.В.** студент (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

**Яковлева О.Ю.** канд.техн.наук (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

### **РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ І ОПАЛЕННЯ ЦЕНТРУ ОБРОБКИ ДАНИХ З УРАХУВАННЯМ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА ОТОЧУЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ В м. ОДЕСА**

Згідно Національної енергетичної стратегії розробленої у контексті концепції сталого розвитку «Україна 2020» передбачається реалізація програми енергоефективності. Найвищий пріоритет отримали завдання по підвищенню економічної, енергетичної та екологічної безпеки, що в свою чергу дозволить створити основу для сталого енергетичного майбутнього України.

Ринкові тенденції в Україні для комерційних дата-центрів виглядають позитивними. За 2016-2017 рік великі і середні дата-центри провели модернізацію, що дає можливість надіятися на розширення площ та проектування нових дата-центрів.

Дата-центр або центр обробки даних (ЦОД) являються ядром інформаційної інфраструктури і представляє можливість ефективної роботи мережевих сервісів в сітці підприємства, а також взаємодію між внутрішньою мережею і зовнішніми інформаційними ресурсами.

Використання структури ЦОД – оптимальний спосіб побудови інформаційних систем (ІС), але забезпечує централізацію апаратних, програмних і керуючих ресурсів. Зрівнюючи з децентралізованою ІС, ЦОД дозволяє знизити ризик втрати даних в наслідок аварій або помилки персоналу. При цьому істотно полегшується необхідність забезпечення заходів щодо інформаційного і фізичного захисту даних. Але яка б ідеальна не була ІС, вона потребує систему підтримки мікроклімату ЦОД.

Мікроклімат виробничих приміщень - це клімат внутрішнього середовища приміщень. Мікроклімат визначається наступними параметрами: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря. Згідно СніП 41-01-2003 «Опалення, вентиляція і кондиціонування» забезпечення оптимальних показників мікроклімату відбувається наступним чином, діючому зараз в Україні.

У холодний період року оптимальне значення температури повітря підтримується за допомогою системи центрального опалення, яке виконано як водяне. Оптимальне значення швидкості повітря забезпечується за допомогою природної вентиляції, яка здійснюється за рахунок різниці температур повітря в приміщенні і зовнішнього повітря.

У теплий період року оптимальні показники мікроклімату підтримуються за допомогою природної вентиляції, а пікові навантаження знімаються за допомогою холодильної установки. Зараз стоїть завдання ефективного використання площ приміщень без втрати ефективності охолодження при оптимальному розташування комплектуючих ЕОМ для високоефективного відводу тепла а також розробки ефективного методу охолодження стоек в яких є сегменти в просторі.

Допустимі параметри мікроклімату представлені в таблиці 1.

Компанія M + W Group і M+W Zander провели дослідження і довели, що використання установки комбінованого виробництва електроенергії тепла і холоду для дата-центрів дозволить зменшити викиди CO<sub>2</sub> в навколишнє середовище до 40% при енергоефективності системи в діапазоні від 80% до 90%, що дозволить скоротити витрати дата-центру до 50% з урахуванням вимог клієнта в співвідношенні між енергоспоживанням і запитах в охолодженні і підігріві.

Система тригенерації може працювати з використанням як невідновлюваних так і відновлюваних ПЕР. Енергоефективність системи може бути 85%, якщо тепло, що виділяється під час отримання електроенергії для забезпечення споживача пари і холодом, буде використано. У цьому випадку 15% енергії - це втрати при спалюванні палива і отримання теплової енергії і втрати на розподілі енергії. Але ефективність роботи установки буде плаваючою так як вимоги по теплу і холоду різні в залежності від сезонності.

Таблиця 1

## Параметри мікроклімату

Період року	Температура, °C				Відносна вологість		Швидкість руху, м/с		
	Оптимальна	допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях	Оптимальна, не більше	Допустима на робочих місцях
		верхня границя		нижня границя					
		на робочих місцях							
Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних						
Холодний	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	Не більше 0,1
Теплий	23-25	28	30	22	20	40-60	55 (при 28 C)	0,1	0,1-0,2

Влітку зростає потреба в холоді, а взимку в опалені. У весняний та осінній сезони потреби в холоді і теплі знижуються, отже і ефективність системи падає, але в цілому доведено, що система є енергоефективною в порівнянні з традиційною, а компенсація пікових навантажень на систему призводить до значної економії енергоспоживання в усередненій величині за рік. Керуючись міжнародним стандартом ASHRAE TC9.9 Data Center Power Equipment Thermal Guidelines and Best Practices від 2016 року та сучасними технологіями можливо вирішити завдання та підтримати державні програми згідно екологічної та енергетичної безпеки.

## СЕКЦІЯ 2

АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА

Герхардт И., Герхардт А.  
 («Электрон ГмбХ» - «SOLVIS», г. Штутгарт, Германия)

### НОВЫЕ НЕМЕЦКИЕ ТЕХНОЛОГИИ «SOLVIS» В СИСТЕМАХ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОТОПЛЕНИЯ

В последние годы в мире активно ведутся работы по созданию отопительных систем, позволяющих снизить затраты на отопление и приготовление горячей воды при растущих ценах на энергоносители.

Запасы ископаемого топлива истощаются с высокой скоростью, и наиболее доступной энергией на длительный период останется экологически чистая энергия солнца. Именно тепло солнца используется в разработках фирмы «SOLVIS». Наше решение - это оптимальное использование солнечной энергии в сочетании с совершенной технологией отопления, минимальными нагрузками на окружающую среду и с реальной окупаемостью изначальных затрат. В подтверждение данного концепта, - продукция фирмы производится на модернизированном в 2002 году, современном в Европе заводе с нулевой эмиссией. Производственные площади завода SOLVIS - более 1400 м<sup>2</sup>, включая офисные помещения и конструкторское бюро, и всё предприятие потребляет только 25% энергии и воды, в сравнении с другими предприятиями. Кроме продуманного концепта по экологической безопасности, вентиляции, рекуперации и дневному освещению, 100% энергии предприятие получает из возобновляемых источников, в первую очередь - солнца. 330 солнечных батарей площадью 3200 м<sup>2</sup> и пиковой мощностью 24 кВт и 180 м<sup>2</sup> (160 кВт) солнечных коллекторов позволяют на 2/3 покрывать нужды предприятия, и только около 1/3 энергии обеспечивают резервный генератор и теплостанция на рапсовом масле.

Производимое SOLVIS оборудование – это высококачественная продукция «made in Germany», основанная на многочисленных собственных патентах. Завод производит высококачественные абсорберы для всех солнечных коллекторов в Европе и собирает свои солнечные коллекторы, имеющие сертификаты Keuemark Solar, в том числе и большой площади для индустриального применения.

«Сердцем» всех систем для ГВС и отопления (SolvisMax, SolvisBen и SolvisVital) (рис.1) – является запатентованный стратифицированный бак-аккумулятор. Его уникальность заключается в применении эффекта стратификации (температурного расслоения воды). Вода из обратного контура, не просто попадает в бак-накопитель, а, не перемешиваясь, поступает в слой с одинаковой температурой (90-95 °C в верхней части бака, 60-65 °C в средней части и 40-42 °C в нижней). Вода в баке не смешивается и не застаивается, что полностью исключает появление легионелл. Система

Solvis представляет собой трёхслойный агрегат, сочетающий функции нагревателя и резервуара-аккумулятора тепла, с интегрированной солнечной системой и сменной резервной горелкой на все виды топлива. Коллекторы имеют приоритет, горелка включается лишь на догрев.

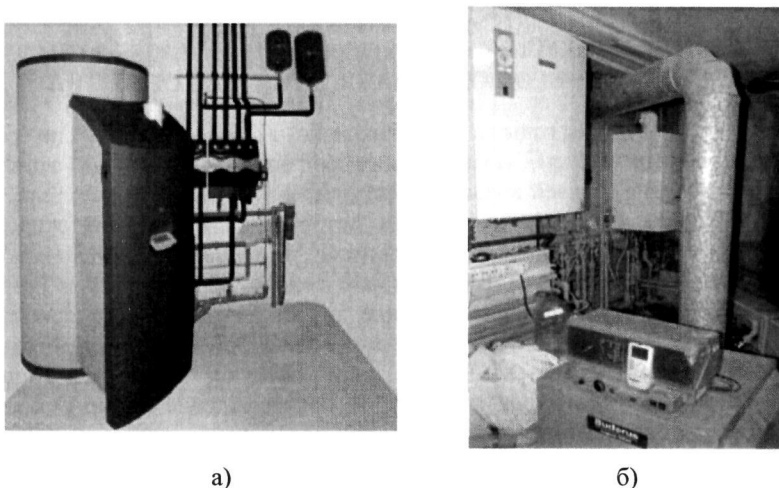


Рис. 1. Системы SOLVIS а) ГВС; б) отопление

Солнечные коллекторы Solvis работают в режиме низкого расхода теплоносителя low-flow. Это дает множество преимуществ: теплоноситель нагревается до рабочей температуры за один цикл циркуляции через солнечный коллектор, в системе применяется тонкая легко монтируемая медная труба Ø10мм, остальные компоненты системы очень компактны. По сравнению со многими обычными коллекторами, у коллекторов Solvis отводящие тепло трубки - медные. Они приварены на нижней стороне платы абсорбера 800 точками на метр. Верхняя сторона абсорбера без сварного шва, имеет гладкую и ровную поверхность, поглощает намного больше энергии, и, при этом, вся поверхность нагревается равномерно. Бронированное стекло изготовлено так, что имеет наивысшую степень поглощения солнечного света, даже при самом минимальном диффузном освещении при плохой погоде (светопрозрачность 95%). При минимальном собственном весе стекло выдерживает вес стоящего на нём человека.

Системы Solvis компактны, требуемая площадь помещения для установки бака-аккумулятора (на рисунке слева) – в 2 раза меньше, по сравнению с другими производителями, что обеспечивает архитектурно-планировочные преимущества и экономическую выгоду.

Быстромонтируемая система имеет всего 7 подключений, что намного сокращает время и расходы по монтажу.

Внедрение рассмотренных систем гарантированно снижает потребление газа до 52% и расходы на обслуживание до 37%.

Перетяка С.Н., канд.техн.наук, доцент  
(ОНАПТ, г. Одесса, Украина)

## КОМФОРТ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Ранее в мире существовала четкая система, которая определяла уровень развития стран. Одной из составляющей, которой являлся уровень потребления энергии; чем больше потребляется энергии – тем комфортнее жизнь населения. Объяснение было простое: «Комфорт требует значительных затрат энергии». Понятно, что кондиционеры, обогреватели, ионизаторы воздуха и т.п. требуют для своей работы энергии.

Однако именно развитые страны стали первыми внедрять политику энергоэффективности в быту. Во всех развитых странах внедряются программы «Экодомов», в Германии с 2019 года все вводимые в эксплуатацию дома, должны соответствовать концепции «Пассивный дом». Такой дом для отопления потребляет настолько мало энергии, что не нуждается в каких-либо «активных» отопительных приборах. Для его обогрева должно хватить тепла, вырабатываемого электрическими приборами, используемыми в домашнем хозяйстве, солнечной энергии, а также тепла, которое «вырабатывают» жильцы дома. Было принято, что пассивным является дом, потребность в тепловой энергии которого не превышает 15 кВт час/(м<sup>2</sup> год), то есть в семь-восемь раз меньше, чем потребность среднестатистического современного дома. Таким образом, чем комфортнее жизнь людей, тем больше приборов работают в доме, тем больше энергии они выделяют, главная задача эти тепловыделения потратить разумно.

Кроме того, при такой низкой потребности в тепловой энергии необходимость в использовании системы отопления совсем отпадает. Достаточно того, что в системе принудительной вентиляции будет установлен небольшой ТЭН, подогревающий нагнетаемый в помещения воздух. Для обеспечения комфортной температуры в помещениях (20 – 23 °С) на протяжении всей зимы его мощность не должна превышать 10 Вт на квадратный метр отапливаемой площади.

Функция наружных стен, полов, перекрытий и крыши – защита дома от потерь теплоты. У пассивного дома средний коэффициент теплопередачи для стен, пола и перекрытий не может превышать 0,15 Вт/(м<sup>2</sup> К). Достичь таких показателей удастся за счет применения в наружных ограждающих конструкциях толстых слоев эффективной теплоизоляции – коэффициент теплопроводности не может превышать 0,04 Вт/(м К).

Чтобы строение соответствовало нормам «Пассивного дома», следует использовать принудительную приточно-вытяжную вентиляцию с рекуперацией тепла. Она не только ограничивает потери тепла, но и нагнетает свежий воздух в помещения, позволяет уменьшить его влажность внутри здания. Постоянный воздухообмен защищает от чрезмерного роста концентрации загрязняющих веществ: микробов, углекислого газа и пыли.

Комфорт і енергоефективність – эти фактори являються основними при проектуванні любого жилого дома.

**Хоренжий Н.В.**, доцент, канд.техн.наук, **Лапінська А.П.**, доцент, канд.техн.наук,  
**Перетяка С.М.**, доцент, канд.техн.наук, **Детков Г.Г.**, студент (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВІДХОДІВ КРУП'ЯНОГО ВИРОБНИЦТВА ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ БІОПАЛИВА

Сировиною для виробництва біопалива в Україні є відходи сільського господарства (солома, полова, стебла кукурудзи, соняшника, тощо), виноградарства (виноградні вичавки), деревопереробних (тирса), оліе-екстракційних (соняшникове лушпиння) та круп'яних підприємств. За останні десять років у середньому в Україні вироблялося 352 тис. тонн круп на рік, у 2014-му цей показник становив 350 тис. тонн [1], при чому при переробці зерна в крупу утворюються побічні продукти в основному у вигляді мучки та лузги. Але рівень використання цих вторинних сировинних ресурсів у якості джерела для біопалива недостатньо високий.

Таким чином актуальним є використання лузги круп'яних культур у якості сировини для виробництва біопалива. Метою роботи є розширення сировинної бази біопалива за рахунок відходів круп'яного виробництва.

Фізичні властивості відходів переробки круп'яних культур (тобто – сировини) відіграють важливу роль, оскільки вони визначають умови зберігання, особливості побудови технологічного процесу, режими роботи обладнання, витрати електроенергії, кількісні та якісні показники готової продукції.

Форма і розміри частинок сировини, що характеризують їх крупність (довжину), визначають вибір робочих органів та режими роботи обладнання для очищення, сортування і подрібнення. В залежності від крупності частинок відповідно міняються й фізичні властивості сировини.

Сипкість матеріалів - складна комплексна характеристиками, що залежить від багатьох факторів: щільності, гранулометричного складу, форми і стану поверхні частинок. Сипкість визначає мінімальну швидкість прокатки в процесі безперервного пресування.

Чим краще сипкість сировини, тим легше його прокатка через отвори матриці, тим більш щільною і міцною буде гранула після пресування. Основними факторами, що визначають сипкість дрібнодисперсних матеріалів, є тертя і зчеплення частин між собою, що утрудняють їх взаємне переміщення, тобто когезійні сили взаємодії між частинками.

Об'ємна маса залежить від ступеню укладання та розміру частинок сировини, її хімічного складу, масової частки вологи та засміченості; та впливає на щільність укладання частинок в одиниці об'єму, тобто на

місткість силосів і бункерів для зберігання, на продуктивність технологічного та транспортного обладнання

Таблиця 1

Фізичні властивості відходів

Найменування	Фізичні властивості				
	Масова частка вологи, %	Середньо-зважений розмір частинок, мм	Об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup>	Кут насипного ухилу, град	Сипкість, см/с
Лузга ячмінна	11,5	1,3	180-190	70-80	16
Лузга вівсяна	12,2	1,54	130-200	80-90	12
Мучка ячмінна	11	0,70	390-460	45-55	17
Мучка вівсяна	14,5	1,45	300-400	50-60	17
Мучка горохова	14,1	1,6	400-470	45-50	18
Солома пшенична[2]	9,9 ± 0,1	20,0	80 -90	85 - 50	10-11

Аналізуючи отримані результати експериментального дослідження (табл.1), можна зробити висновок, що у порівнянні з відомою сировиною для виробництва біопалива в Україні – соломою пшеничною, відходи круп'яного виробництва мають дещо кращі фізичні властивості: більші об'ємну масу та сипкість. Існує прямо пропорційна залежність між крупністю частинок і кутом насипного ухилу, та зворотно пропорційна між крупністю частинок сировини і її об'ємною масою. Лузга незалежно від її видової приналежності має низьку сипкість, великий кут насипного ухилу, невелику об'ємну масу у порівнянні з мучкою. Зрозуміло, що єдина прийнятна форма готової продукції – пресована (гранульована та брикетована).

Досліджувана сировина для виробництва біопалива суттєво відрізняється за розмірами частинок, насипній і питомій вазі, вологості, міцності частинок матеріалу, хімічним складом сировини. Тому доцільно розробити таку технологію, яка б максимально підвищила теплотворну здатність палива – шляхом пресування.

#### Література

1. Державний комітет статистики України. Офіційний сайт. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Хоренжий Н.В. Тверде біопаливо з малоцінної сировини// А.П. Лапінська, Н.В. Хоренжий/ Збірник праць наукової конференції «Енергія. Бізнес. Комфорт»: матеріали наук.-практ. конф. ОНАХТ, Одеса 11 листопада, 2015 р./ ОНАХТ – с. 38 – 41.

### СЕКЦІЯ 3

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ

**Бурдо О.Г.**, докт. техн. наук., професор, **Мордынский В.П.**, канд.техн. наук., доцент, **Светличный П.И.** канд.техн. наук., доцент (ОНАПТ, г. Одесса, Украина)

**Омар Саид Ахмед**, канд.техн. наук. (Kasala, onion dehidratation company, г Хартум, Судан)

### ЭНЕРГОЭФЕКТИВНАЯ ВАКУУМНАЯ СУШИЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Максимальная движущая сила в процессе сушки создается в вакуумных установках, более того, эти сушилки обеспечивают мягкие режимы обезвоживания. Эти обстоятельства открывают им перспективу для сушки термолабильного пищевого сырья. Но достаточно сложные требования к конструкции, отсутствие систематических исследований вакуумных сушилок для пищевых технологий создают определенные барьеры при их практическом внедрении. Поэтому актуальны поиски прогрессивных технических решений, использование современных принципов организации процессов тепломассопереноса, исследование кинетики сушки в инновационных вакуумных аппаратах.

В большинстве конструкций вакуумных сушилок энергия, необходимая для осуществления процесса влагоудаления, подводится от полок, в которых циркулирует теплоноситель. Как правило, это воздух либо вода. Такая схема подвода энергии обладает существенными недостатками: температура теплоносителя по поверхности полок разная. Это влияет на качество готового продукта, повышает продолжительность сушки.

Самостоятельной проблемой современной вакуумной сушильной техники является вопрос поддержания стабильного давления в аппарате. Проблема связана с ростом гидравлического сопротивления паропроводных каналов, которое резко повышается при увеличении производительности. Поэтому, традиционные вакуумные сушилки для термолабильного сырья работают в режиме постоянной откачки воздуха и паров воды из сушильной камеры с помощью вакуум-насоса. На это расходуется до 5% потребляемой энергии, усложняются условия эксплуатации установок.

В работе формулируется гипотеза: «в условиях стабильного вакуума поверхность для конденсации паров можно располагать внутри сушильной камеры и отводить из установки не пар, а конденсат, что значительно снизит гидродинамическое сопротивление линии отвода удаляемой влаги, упростит эксплуатацию и даст возможность четко контролировать кинетику удаления влаги по расходу конденсата. При этом организация эффективного подвода энергии при граничных условиях 1 рода обеспечивается за счет теплопередачи посредством двухфазного испарительно-конденсационного

контура». Для реализации этого положения необходимо решить две технических проблемы. Во-первых, обеспечить надежную конструкцию системы вакуумирования. Во-вторых, разработать инновационную систему подвода энергии.

В основе разработанной установки эти 2 положения реализованы. Первое – охлаждаемая стенка для конденсации удаляемых из сырья паров располагается внутри вакуумной камеры. Второе – подвод теплоты к продукту происходит с помощью двухфазного испарительно-конденсационного контура. Установка состоит из вакуумной сушильной камеры, в которой на поддонах размещается слоем сырье. Поддоны устанавливаются на полках, которые являются конденсаторами двухфазной испарительно-конденсационной системы, состоящей из парогенератора, паропровода, парового коллектора, коллектора конденсата. Образовавшийся при сушке пар конденсируется на холодной поверхности, охлаждаемой водой. Датчик контролирует температуру пара, его сигнал принимает регулятор и стабилизирует заданную температуру пара в пределах 1 °С. Образовавшийся конденсат стекает на дно камеры и собирается в сборнике. По весу конденсата регистрируется производительность установки по удаленной влаге. Из объема двухфазной испарительно-конденсационной системы удален воздух, т.е. температура насыщения рабочего тела соответствует условиям парогенератора. Отличительной характеристикой системы является простота поддержания одного уровня температур на всех полках. Технические характеристики вакуумной сушилки приведены в таблице.

Таблица 1

Технические характеристики

	Параметр	Значение
1	Мощность, потребляемая парогенератором, Вт	3000
2	Количество полок и поддонов, шт	16
3	Загрузка поддона, кг	2 – 2,5
4	Давление в сушильной камере, кПа	5 - 15
5	Температура сушки, °С	40 - 90

Испытание установки проводилось на различном виде пищевого сырья: мидии, креветки, овощи, фрукты, фруктовые и овощные пюре.

**Выводы.** Доказана возможность организация процесса сушки в вакууме при конденсации водяного пара непосредственно в объеме сушильной камеры. Необходимость вакуумирования камеры ограничивается 1 разом в смену. Доказана возможность теплопередачи к поверхности продукта посредством двухфазного испарительно-конденсационного контура. Термограммы продукта, полученные с помощью тепловизора, свидетельствуют о незначительном (в пределах 1 °С) отклонении температур во всех кассетах. Уровень температур и интенсивность выхода пара из сырья показывают, что установка отвечает требованиям к инновационным образцам энергоэффективной техники сушки.

### **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ГРОМАДСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ**

Системи кондиціювання повітря стали невід'ємною частиною нашого повсякденного життя. Їх мета забезпечити нормальні умови життєдіяльності в житлових і виробничих приміщеннях з підтримкою комфортних параметрів температури, відносної вологості, чистоти і швидкості руху повітря, що відповідають оптимальним санітарно-гігієнічним вимогам.

Нині усі торгові, розважальні і бізнес-центри насичені безліччю тепловиділяючого устаткування(оргтехніка, ігрові автомати, технологічне устаткування боулінгів, кінотеатрів і так далі), мають щільні склопакети, що не пропускають свіже повітря в приміщення, а поверхні зовнішнього скління пропускають великі кількості сонячної енергії. Ці чинники можуть негативно відбитися на працездатності, самопочутті і навіть здоров'ї людини при тривалому знаходженні в таких приміщеннях.

Тому сучасні будівлі потребують систем штучного клімату, які створюють сприятливі умови для людини. У добу людина споживає близько 15 кг повітря. Якість цього повітря, його параметри, багато в чому залежать від систем комфортного кондиціювання повітря.

Для великих об'єктів з великою кількістю приміщень, що вимагають незалежного регулювання температури, в основному, застосовуються системи кондиціювання на базі устаткування "чиллер - фанкойл". Фенкойл встановлюється усередині обслуговуваних приміщень, є блок, що включає фільтр, водяний теплообмінник, вентилятор і пульт управління. Фенкойли (як і внутрішні блоки фреонових систем) мають різноманітні конструкції, що дозволяє їх використати у будь-якому інтер'єрі. Чиллер може також працювати на опалювання в перехідні періоди року(виконання з тепловим насосом).

Повітряне опалювання (фенкойлами) має істотні переваги перед радіаторним: агрегати компактніші(за рахунок примусового обдування необхідна теплообмінна поверхня істотно менша), система менш інерційна(швидше досягається задана температура в приміщенні), температура теплоносія може бути істотно нижча( близько 60...50°C), замість традиційних 90/70 °С в радіаторному опалюванні.

Нерідко існує необхідність одночасного охолодження і нагріву різних приміщень. Це завдання вирішується облаштуванням чотирьохтрубної системи. У фанкойли з двома теплообмінниками(охолоджувачем і нагрівачем) подається паралельно хладоносій від чиллера і теплоносій від котельної, а користувач за допомогою пульта управління вибирає потрібний йому режим.

Також цю задачу вирішують VRF- системи з рекуперацією тепла. Така система дає можливість одночасної роботи в режимі нагріву і охолодження в приміщеннях з різними температурними навантаженнями. Система є цілорічною і має високу енергетичну ефективність: на певних режимах роботи на кожен витрачений 1 кВт електроенергії доводиться понад 5 кВт тепло або холоду.

А для комфортного перебування людини в приміщенні окрім заданої температури і відносної вологості необхідно також підтримувати чистоту повітря. Це завдання особливо актуальне в приміщеннях без природного провітрювання, в приміщеннях з масовим перебуванням людей, з виділенням запахів і так далі. Для цього сучасні будівлі оснащуються системами примусової припливно-витяжної вентиляції повітря.

Системи вентиляції можуть поєднуватися з системами кондиювання повітря, тобто один агрегат, оснащений додатковою автоматикою, може вирішувати завдання кондиювання і припливної вентиляції повітря (наприклад, каналний кондиціонер). Такий варіант поширений у системах кондиювання магазинів, ресторанів, кінотеатрів і так далі

Також завдання вентиляції можуть вирішуватися окремими агрегатами (припливними, витяжними або припливно-витяжними установками). Такий варіант поширений у будівлях з множиною обслуговуваних приміщень(офісні центри, адміністративні будівлі, готелі і так далі). Припливна установка подає в обслуговувані приміщення за допомогою системи повітропроводів і розподільників повітря свіже, заздалегідь оброблене(очищений, нагрітий або охолоджений) повітря, а витяжна установка видаляє відпрацьоване повітря.

Нагрів або охолодження зовнішнього повітря вимагає великих енерговитрат, що особливо відчувається при великих кратностях обміну повітря (ресторани, нічні клуби і так далі). Тому часто для економії енергоресурсів використовують припливно-витяжні установки з рекуперацією. У цих установках взимку використовується повітря, що тепло видаляється, для підігрівання припливного, а влітку прохолодне повітря, що видаляється з приміщень, охолоджує тепле припливне повітря.

Використання енергоефективного обладнання дозволяє істотно понизити експлуатаційні витрати на газ і електроенергію, необхідні для нагріву припливного повітря в холодний період року і охолодження в теплий.

#### **Література**

5. Табунщиков Ю.А. Бродач. М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. – М.: АВОК-ИРЕСС. – 2002. – 194 с
6. Жихарева Н.В . Моделирование і оптимізація системи кондиювання повітря – Одеса: «ТЭС», 2016. – 170 с + додатки
7. Брух С.В. Сравнительный анализ энергоэффективности мультизональных систем кондиционирования воздуха // СОК.— 2004. — № 2. С.14–18

Бурдо А.К., канд. техн. наук., Альхури Юсеф, аспирант, Величко В.П., магистрант (ОНАХТ, м. Одеса, Украина)

## ИННОВАЦИОННАЯ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЯ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФИТОПРЕПАРАТОВ

Фитопрепараты (ФП), содержащие комплекс биологически активных веществ (БАВ), характеризуются широким спектром фармакологического действия, эффективностью и малой токсичностью, что позволяет использовать их длительное время для профилактики и лечения многих заболеваний без риска возникновения побочных явлений. Номенклатура и объем предложений на рынке ФП не соответствуют потребности, рост которой отмечается в последние годы. Среди дикорастущих растений по содержанию естественных БАВ выгодно отличается шиповник. Аскорбиновой кислоты в плодах шиповника в 10 раз больше, чем в черной смородине, в 50 раз больше, чем в лимоне, и в 100 раз больше, чем в яблоках. Аскорбиновая кислота определяет биологическую активность плодов растения. Растет интерес и к другим растениям, перспективным для производства ФП.

Анализ современных принципов комплексной переработки плодов шиповника показывает, что эти технологии характеризуются низкими значениями коэффициента использования сырья, высокими затратами энергии и наличием значительного количества неутраченных отходов. Таким образом традиционные технологии переработки плодов шиповника не отвечают современным требованиям ресурсо- энергоэффективности, экологической безопасности и рыночной экономики.

В работе предлагается научно-техническая концепция:

- использование в процессах экстрагирования и выпарки современных систем адресной доставки энергии к элементам сырья с помощью электромагнитных генераторов позволит создать аппараты для комплексной, малоотходной технологии переработки плодов шиповника с получением широкого спектра высококачественных биологически активных препаратов медицинского, пищевого и кормового назначения при минимизации энергетических затрат и экологической чистоте производства.

Объектом исследований являются лечебно-профилактические растения: шиповник, черноплодная рябина, калина и рябина. Основной технологический процесс при производстве ФП – это экстрагирование. Качество готового продукта в значительной степени определяется температурным режимом процесса экстрагирования. Поэтому в традиционных технологиях экстрагирования для сохранения целебного потенциала сырья ограничивают влияние термического действия на сырье, в результате чего процесс длится иногда неделю.

Экспериментальное моделирование процессов экстрагирования проводилось на 4 стендах: на базе термостата (моделировались традиционные принципы экстрагирования); в микроволновом экстракторе

при неподвижном слое сырья; в микроволновом вакуумном экстракторе; в микроволновом экстракторе с циркуляционным контуром и холодильной машиной. В последнем стенде поддерживалась температура в реакционном объеме на уровне 30–45 °С. Опыты проводились в широком диапазоне изменения параметров (табл.1).

Таблица 1

Диапазон экспериментального моделирования

Сырье	Давление, МПа	Температура, °С	Концентрация, %	Гидромодуль
Шиповник	0,01 – 0,1	35 - 50	0 – 60	1/1...1/4
Черноплодная рябина	0,1	40 - 100	0 - 9	2/1...1/2
Калина	0,1	60	0 - 6,3	2/1...1/2
Клюква	0,1	60	0 - 6	2/1...1/2

Известно, что температура является фактором, который интенсифицирует процесс экстрагирования. Однако, спектральные кривые показали, что экстрагирование при высоких температурах приводят к разрушению комплекса биологически активных веществ черноплодной рябины. А организация процесса в электромагнитном поле при температуре 40 °С дает лучшие результаты, повышаются функциональные свойства готового продукта. В опытах с целыми плодами шиповника в неподвижном слое сравнивались влияние температуры и вида энергии. Установлено, что за одинаковое время экстрагирования концентрация раствора и в традиционной технологии, и в МВ экстракторе были одинаковыми. Но опыты в термостате проводились при температуре 70 °С, а уровень температур в МВ экстракторе составлял 20 °С. При экстрагировании в МВ поле на уровне температур 70 °С выход целевых компонентов вырос в 3,5 раза.

Опыты проводились в МВ экстракторе, а концентрирование полученных экстрактов в МВ вакуум выпарном аппарате.

**Выводы.** Действие микроволнового поля влияет на интенсивность экстрагирования в большей степени, чем температура. Микроволновая технология экстрагирования гарантирует продукт с большим содержанием функциональных компонентов, чем традиционные технологии. Она отвечает современным требованиям, предъявляемым к фитопрепаратам.

Яровий І.І., канд. техн. наук, Маренченко О.І., аспирант (ОНАХТ, м. Одеса, Украина)

## ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ СОНЯШНИКА

Кафедра процесів, обладнання та енергетичного менеджменту ОНАХТ давно і системно працює над проблематикою удосконалення сушильних технологій. Одним з напрямів досліджень є розробка технологій адресного

енергопідводу з використанням генераторів мікрохвильового (МХ) електромагнітного поля.

Фізичні особливості взаємодії МХ поля з вологою, що міститься в частинках сировини, дозволяють використовувати такі режими обробки, при яких поле нагріває шари матеріалу пропорційно їх вологості. Такий спосіб обробки рослинної сировини виглядає дуже перспективним для нагрівання, сушіння, досушування та стерилізації сировини, матеріалів і продуктів у харчовій промисловості.

Одним з апаратів для дослідження процесів обробки вологої сировини в МХ полі та інфрачервоному (ІЧ) випромінюванні є стрічкова сушильна установка. Основною метою досліджень, що проводяться на установці є створення аналітичних моделей сушіння різних типів сировини в умовах адресного енергопідводу.

В якості об'єкту впливу розглядались різні види рослинної сировини: морква, буряк, яблука, груші, банани, ананас, та інші фрукти та овочі. Тестові сушіння показали високу якість отриманої сухої продукції. Порівняно з традиційним конвективним сушінням при МХ+ІЧ сушінні повніше зберігається як смакові якості так і зовнішній вигляд продукту.

Проте найкраще для обробки у сушарці даного типу підходить сипка сировина з складною внутрішньою структурою. Тому для детальних досліджень в якості об'єкту сушіння обрано насіння соняшника. Наявність жорсткої зовнішньої оболонки ускладнює його сушіння з використанням конвективного енергопідводу, до того ж соняшник є термолабільним, а МХ сушіння має значні переваги саме для таких матеріалів.

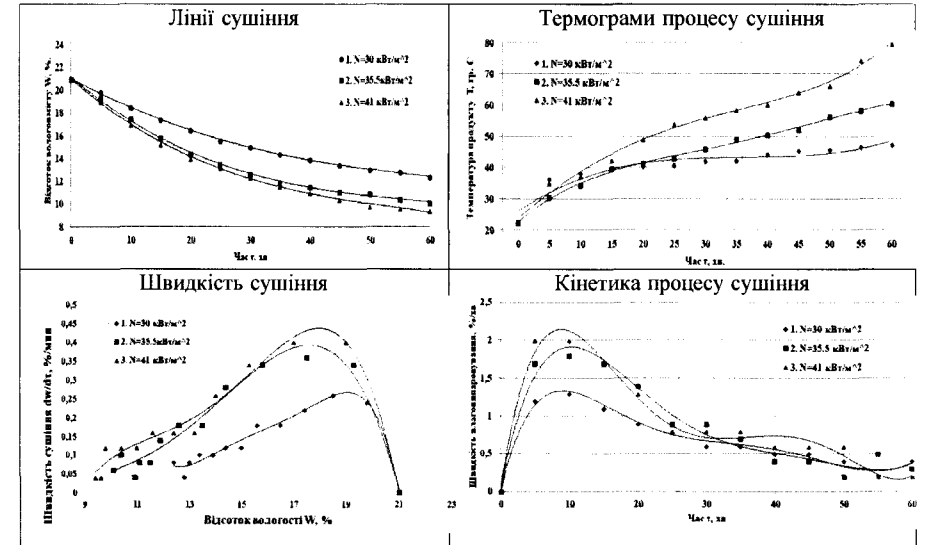
В завершеній частині досліджень, проведено експериментальне моделювання процесу вологовидалення при декількох значеннях навантаження сушарки (зміню товщини шару сировини), при декількох значеннях продуктивності установки (зміню швидкості стрічки сушарки) та декількох значеннях інтенсивності електромагнітного МХ поля та ІЧ випромінювання.

В якості сировини для сушіння було обрано насіння соняшнику. Ця культура внаслідок особливостей будови зерен, може краще ніж інші піддаватись сушінню з використанням технологій адресного енергопідводу.

Діапазон потужностей впливу ІЧ та надвисокочастотного (НВЧ) електромагнітного поля обирався після тестових запусків. Досліджено роздільний та комбінований вплив ІЧ та МХ випромінювання.

Комбінований, тобто послідовний вплив, зони сушіння з генератором мікрохвильового поля та зони з ІЧ – випромінювачем досліджувався з наступними параметрами. Сировина - соняшник, навантаження  $m=3.96 \text{ кг/м}^2$ , швидкість стрічки  $v=0,025 \text{ м/с}$ . Потужність використовувалась менша ніж при роздільному впливі,  $N(ІЧ+НВЧ)=30, 36 \text{ та } 41 \text{ кВт/м}^2$ , при вищих показниках потужності, температура шару сировини перевищувала допустимі показники. Режим роботи - обробка протягом 60 хв. Графіки залежностей надано в таблиці 1.

Комбінований вплив ІЧ + НВЧ



Проміжні висновки дозволяють стверджувати, що технології мікрохвильового сушіння цілком реально застосовувати у технологічних процесах переробки рослинної сировини. Так зменшення вологості соняшника з 20 до 5 відсотків, при використанні МХ енергопідводу, проходить на протязі 40 хв., для такої технологічної обробки має бути достатньо стрічкової сушарки з 15 зонами обробки. При цьому максимальна температура продукту буде значно меншою від максимально допустимої, в ході дослідження вона не перевищувала 42  $^{\circ}\text{C}$ .

Комбінований вплив МХ поля та ІЧ випромінювання дозволяє отримати показники вологовидалення в межах 1  $\text{%/хв.}$ , а при реалізації в установці режиму вологовидалення без повного випаровування вологи [1] енергоефективність апаратів з адресним енергопідводом має стати на порядок вищою порівняно з традиційними конвективними сушильними технологіями.

#### Література

1. О. Г. Бурдо, С. Г. Терзиев, В. Н. Бандура, И. И. Яровой, "Механо-диффузионный эффект – новое явление в тепломассопереносе," // ММФ, Минск, Беларусь, 2016, с. 224-228.

Орловська Ю. В., аспірант, Трішин Ф.А., канд.техн.наук, доцент (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

### ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ В НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ АПАРАТАХ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ

На сьогоднішній день практично 2 млрд. людей більш ніж у 80 країнах мають обмежений доступ до питної води. Очікується, що до 2025 р. ця цифра зросте до 3 млрд. Звідси головний сьогоднішній страх людства - нам всім не вистачить питної води. Тому спеціалісти - хіміки, біологи, фізики, геологи, математики, програмісти та ін. - шукають шляхи виходу із кризової ситуації, що склалася.

Новітня статистика, публічно озвучена на Давосському форумі говорить, що потреба в воді перевищить рівень стійкого водовикористання на 40% вже до 2030 року. Це ставить під загрозу рівень життя майбутнього покоління і виведе на межу виживання регіони, де вже сьогодні існує фізична нестача свіжої води. Причини для цього дві - сільське господарство та енергетика, як найбільш водовитратні галузі громадського виробництва.

Якщо водоспоживання перевищує показник забезпеченості водними ресурсами, країна використовує води більше, ніж встигає відновитися, і ризикує залишити наступні покоління без життєво необхідного ресурсу. Ось вже кілька десятків років ООН веде моніторинг цього показника в 193 країнах і публікує дані в відкритому доступі. Україна в цьому списку займає проміжну позицію.

При водозабезпеченості у 3066 м<sup>3</sup>/чол•рік вона не дотягує до високозабезпечених країн, а за показником використання поновлюваних водних ресурсів 13,78% наближається до небезпечної межі водної кризи. Поновлювальні водні ресурси схильні до цілого ряду загроз, причина яких - людська діяльність. До них відносяться техногенне забруднення вод, зміни клімату, урбанізація, зміна ландшафтів, вирубка лісів та ін. Це в значній мірі ускладнює задачу задоволення швидко зростаючих потреб у чистій воді.

На сьогоднішній день розглядаються три основні шляхи вирішення проблеми обмеженості водних ресурсів - консервація, повторне використання та знесолення. Зростає інтерес до використання низькотемпературних технологій водопідготовки, зокрема, до технологій блочного виморожування з ультразвуковими генераторами. Виходячи з гіпотез, що організація процесів кристалізації в умовах дії ультразвукового поля сприятиме більш посиленій упаковці кристалів льоду у блоці, а, отже, зменшенню пористості, можна зробити висновок, що це стане необхідною умовою для більш якісного розділу розчину.

Хоча про існування ультразвуку відомо давно, його практичне використання досить молоде. У наш час ультразвук широко застосовується в різних фізичних і технологічних процесах. По своїй фізичній природі ультразвук є пружними хвилями і в цьому він не відрізняється від звуку. Частотна межа між звуковими і ультразвуковими хвилями тому умовна; вона

визначається суб'єктивними властивостями людського слуху і відповідає усередненій верхній межі чутного звуку.

У різних середовищах ультразвук поводить по-різному. У газах і, зокрема, в повітрі поширюється з великим загасанням. Рідини і тверді тіла (особливо монокристали) є, як правило, хорошими провідниками ультразвуку, загасання в яких значно менше. Так, наприклад, у воді загасання ультразвуку при інших рівних умовах приблизно в 1000 разів менше, ніж в повітрі. Тому області використання ультразвуку відносяться майже виключно до рідин і твердих тіл.

Умови введення УЗ коливань з коливальних систем за допомогою металевих робочих інструментів в рідину найбільш сприятливі, в порівнянні з введенням УЗ коливань, наприклад, в газові середовища. Обумовлено це тим, що питомий хвильовий опір рідких середовищ значно (для води в 3500 разів) більше, ніж у газів і тому, велика потужність випромінюється з коливальної системи в рідину при однаковій амплітуді коливань інструменту коливальної системи.

У рідких середовищах виникає і протікає специфічний фізичний процес – ультразвукова кавітація, що забезпечує максимальні енергетичні впливи, як на самі рідини, так і на тверді тіла в рідинах. Аналогічного по ефективності впливу фізичного процесу немає в твердих тілах і газових середовищах.

Ультразвукова кавітація породжує велику кількість ефектів другого порядку, які, в свою чергу, також забезпечують інтенсифікацію технологічних процесів, що протікають. Ці обставини призвели до того, що ультразвуковий вплив отримав найбільш широке поширення при реалізації технологічних процесів, пов'язаних з рідким станом реагентів.

За допомогою блочної виморожуючої установки з ультразвуковим генератором було проведено ряд дослідів, що відображають вплив потужності, частоти та положення ультразвукового випромінювача на процес блокового виморожування.

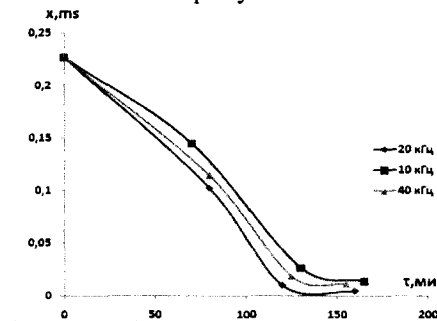


Рис. 1. Вплив ультразвуку різної частоти на солемісткість у стоках

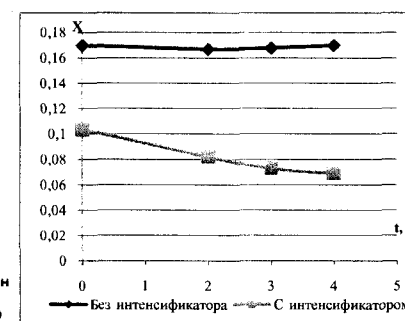


Рис. 2. Вплив ультразвукового інтенсифікатора на зміну концентрації солі у блоці льоду з плином часу.

Результати досліджень показують, що застосування ультразвукових систем в установках блокового виморожування дозволяє покращити параметри блоку льоду і підвищити енергетичну ефективність процесу.

**Альхурі Юсеф**, аспірант, **Ананійчук Е.Ю.**, інженер, **Велічко В.П.**, магістр (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

### НОВІТНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ЕКСТРАКТІВ ШИПШИНИ

Наразі розроблено технології комплексної переробки плодів шипшини на вітамінні препарати яка складалася з наступних технологічних ліній: отримання концентрату з вітаміном С, отримання концентрату з вітаміном групи Р та отримання каротиноїдних препаратів. Ця технологія приваблює тим, що в досить повній мірі використовує ресурс вихідної сировини з випуском широкого кола готових продуктів. Технологія реалізується в екстракторах Гузенко, фільтрпресі, в трьохступеневому випарному апараті, в розпилювальній та вакуум-вальцьовій сушарці. Але традиційне обладнання для концентрування характеризується громіздкістю та енергоємністю.

В традиційних теплотехнологіях випаровування є серйозні протиріччя. Із ростом концентрації підвищується в'язкість розчину, більшим стає товщина приграничного шару у поверхні нагріву, росте термічний опір процесу теплопередачі. В результаті - утворюється пригар на стінках апарату, з'являється присмак варки. А це знижує можливості використання концентрату фітопрепаратів в харчовій промисловості і медицині.

В роботі пропонується гіпотеза, що ефективним принципом зневоднення із розчинів має стати принцип об'ємного підведення енергії за допомогою мікрохвильового поля (МХП). Використання джерел електромагнітних генераторів енергії дає змогу здійснювати адресну доставку енергії безпосередньо до вологи в сировині. А це дасть змогу вирішення протиріч, що виникають при традиційній теплопередачі. Гіпотезу підтверджено результатами експериментальних дослідів.

В останні роки росте інтерес до технологій термічної обробки сировини в електромагнітному полі. Одним із способів такої технології є екстрагування в МХП [1, 2]. Тривалість процесу з підводом мікрохвильової енергії суттєво зменшується, знижується мікробіологічне забруднення продукту [3]. Але, апарати для концентрування розчинів в МХП тільки з'являються, їх застосування в технологіях фітопрепаратів не відомо.

Досліди проводились в мікрохвильовому вакуум випарному апараті. Екстракт заливався в герметичну камеру, в якій здійснювалось випаровування. Температури поверхні камери та пари на вході в конденсатор контролювались за допомогою датчиків типу Dallas DS 18b20. Дані з датчиків температур і ваг TBE-0,21-0,01 обробляються в контролері і надходять на планшет CHUWI CW1506. Розроблено програму яка реалізує візуалізацію процесу, а також збереження в базі поточних даних.

Методика проведення дослідів наступна. Після заповнення камери екстрактом проводилось вакуумування системи та включався насос подачі холодної води із холодильної машини до конденсатору. Включалась необхідна потужність магнетрону й система автоматичної реєстрації температур та ваги конденсату. За рахунок енергії мікрохвиль, що впливають на полярні молекули води (тим самим приводячи їх до коливання) збільшується температура екстракту. При досягненні температури кипіння утворюється пара, яка конденсується. Поточна вага конденсату (яка дорівнює витратам вторинної пари із камери вимірюється вагами та передається на планшет. На екрані планшету відображаються термограми та кінетика пароутворення (яка визначається по масі конденсату). Проводиться обробка даних та визначається паропродуктивність (вихід пари в одиницю часу) та поточна концентрація екстракту. В досліді фіксувалось тривалість процесу, температура та концентрація розчину в час обробки.

Випарювання екстракту із плодів шипшини з початковою концентрацією розчину 4,5 % проводилось при тиску 5 кПа і при температурі в камері 40 °С. Об'єм екстракту в камері складав 1300 мл. Визначались зміни ключового параметру процесу – паропродуктивності.

Отримані результати свідчать, що на базі МХП доцільна розробка технології концентрування рослинної сировини. Можна очікувати мінімізацію часу проведення процесу і енерговитрат. Концентрати після МХП випарювання є безпечний в харчовому відношенні за мікробіологічними та фізико-хімічними показниками. Розроблена технологія є доступною для підприємств харчової і переробної промисловості, і легко впроваджується вже в існуючі технологічні лінії виробництва продуктів харчування та фітопрепаратів.

#### Література

5. Burdo O. et al. Development of wave technologies to intensify heat and mass transfer processes // EasternEuropean J. Enterp. Technol. 2017. Vol. 4, № 11–88.
6. Burdo O. et al. Using of the Wave Technologies in Intensification Processes of Heat and Mass Transfer // EUREKA Phys. Eng. 2017. Vol. 4, № 4. P. 18–24.
7. A. Aloqbi, U. Omar, M. Yousr, M. Grace, M. A. Lila, N. Howell. Antioxidant activity of pomegranate juice and punicalagin // Scientific Research Publishing. Natural Science, 2016, 8, pp. 235-246.

**Бурдо О.Г.**, докт. техн.наук, професор, **Войтенко О.К.**, канд.техн. наук, доцент, (ОНАХТ, м. Одеса, Україна), **Омар С.А.**, канд.техн.наук, (Kasala, onion-dehydration company, м. Хартум, Судан), **Катасонов О.В.**, аспірант (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

### НОВІТНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ЦИБУЛІ

На світовому ринку зростає попит на сушену цибулю. Серед лідерів поставщиків сушеної цибулі на світовому ринку є Китай, Індія, Судан. Споживачами сухої цибулі є США, розвинуті країни Європи. Сушену цибулю випускають у 4 видах: різану, кубиками, дроблену, порошком.

Кінцева вологість продукту для різаних та кубічних зразків становить до 18%, а порошку та дробленій – до 8%.

Сучасні технології сушіння цибулі не відповідають вимогам по рівню використання енергії та якості готового продукту. В ОНАХТ розроблено обладнання, яке забезпечує високу якість продукту при прийнятних енергетичних показниках. Інноваційними рішеннями стало використання випарувально - конденсаційного контуру підведення енергії до піддонів з продуктом та конденсація водяної пари в об'ємі вакуумної камери. Організація ефективної теплопередачі в умовах вакууму досить складна задача. Загальний термічний опір ( $R_s$ ) в цепі «джерело енергії - продукт» визначається низкою опорів:

$$R_s = R_{кд} + R_{тк} + R_{кр} + R_p + R_{рп} + R_n + R_{лс} + R_c$$

Термічними опорами процесу конденсації ( $R_{кд}$ ) в трубках, теплопровідністю трубок конденсатора ( $R_{тк}$ ), ребра конденсатора ( $R_p$ ), стінки піддону ( $R_n$ ) можна знехтувати. Визначальний вклад мають вносити контактний термічний опір «ребро конденсатора - піддон» ( $R_{рп}$ ). Саме цей вузол має найбільш серйозні технологічні вимоги. Значення  $R_{рп}$  суттєво залежить від зазору між поверхнями полки, тим більш, що система знаходиться у вакуумі. Відома практика зменшення зазору за рахунок прижимання поверхонь в апараті, або заповнення зазору теплопровідними пастами - не конструктивна. Результат можуть дати жорсткі технологічні регламентації по паралельності, шерохватості та плоскостності поверхонь ребра конденсатора та днища піддона. Якщо врахувати, що площа поверхні контакту значна, то проблеми впливу на опір  $R_{рп}$  серйозні. Разом з тим, в розробленій конструкції апарата цю проблему вирішено. Тепловізійні дослідження температурних полів елементів камери сушіння показали, що різниця температур між поверхнею ребра конденсатора та сировини в піддоні в межах 3 – 4 °С. Система регулювання режиму конденсації в трубках двофазної системи дозволяла стабілізувати температури в діапазоні 1-2 °С.

Випробування вакуумної сушарки при зневодненні цибулі показали, що для всього терміну роботи паропроductивність (масовий потік вологи із сировини) має сталий характер та дорівнює 10 -11 г/хв. Температура продукту не перевищувала значення 50 °С. В результаті отримано високоякісний продукт із привабливими смаковими характеристиками. Дегустація сушених зразків підтвердила, що запропонована інноваційна сушарка є перспективною для виробництва зневодненої цибулі, яка краще зберігає споживний потенціал сировини, ніж традиційні технології.

Запропонована вакуумна сушарка має перспективи при зневодненні термолабільної харчової сировини, гарантує мінімальний термічний вплив на продукт, забезпечує високу якість при зменшенні питомих витрат енергії.

Бурдо О.Г., докт.техн.наук, професор, Гладушняк О.К., докт.техн.наук, професор, Кепін М.І., канд.техн.наук, доцент (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

## ЛІНІЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДІВ

При переробці рослинної сировини, в залежності від вимог до кінцевого продукту, важлива роль приділяється аналізу будови окремих її видів. Такий підхід дозволяє встановлювати доцільні режими переробки сировини, створювати ефективні технологічні схеми її переробки, проектувати нове обладнання. На сучасному рівні перспективним напрямком переробки плодоовочевої сировини вважається напрямок, при якому в готовому продукті зберігається максимальний рівень біологічного потенціалу вихідної сировини. Передумовою вирішення такої проблеми є перехід на інноваційні технології переробки сировини, що передбачають низькотемпературні процеси. Актуальна така проблема при переробці плодів для одержання як освітлених соків так і соків з м'якоттю, консервованої продукції для дитячого та дієтичного харчування, повидла, джему, варення, та інших видів готової продукції.

Традиційна технологічна лінія підготовчого етапу переробки плодової сировини включає операції інспектування, миття, термічної обробки та протирання. Мета термічної обробки – руйнування біологічних зв'язків між м'якоттю та кісточками. Тривалість обробки залежить від структурно-механічних властивостей окремих видів та сортів в кожному виді плодів і коливається в діапазоні від 5 до 15 хв. При цьому використовують процеси бланшування та розварювання, що відповідає температурному режиму в діапазоні від 95 °С до 110 °С. Вказаний підхід негативно впливає на збереження біоенергетичного потенціалу в готовій продукції.

На кафедрі ПОтаЕМ розроблено ключові елементи лінії низькотемпературної переробки плодів, яка включає машину для тонкого подрібнення напівфабрикату та апарат для вакуумного сушіння напівфабрикату.

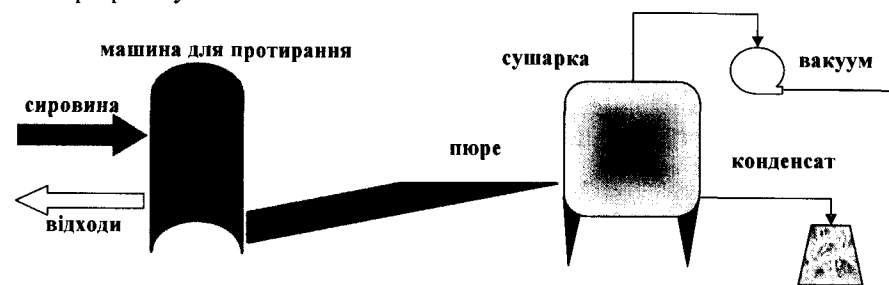


Рис. 1. Фрагмент лінії для переробки плодів.

Повністю лінія має передбачати операції інспектування та миття, при необхідності доповнюватись машиною безперервної дії для розділення

плодів на напівфабрикат (м'якоть та фрагменти покривної тканини) та відходи (кісточки), та машину для пакування готового продукту. Для одержання продукції у вигляді порошку в лінію може бути включена машина для тонкого подрібнення.

Основними складовими економічної привабливості запропонованого напрямку первинної переробки плодів є такі:

1. Спрощення діючих машинно-апаратних схем за рахунок вилучення теплового обладнання для обробки сировини перед подальшим розділенням на напівфабрикат та відходи що, в свою чергу, приводить до економії теплової енергії на етапі попередньої переробки.

2. Можливість одержання більш якісного кінцевого продукту за рахунок збереження біоенергетичного потенціалу вихідної сировини.

3. Можливість виконання процесу переробки сировини в нативному стані в режимі безперервної дії з одночасним розділенням на фракції в одному робочому просторі машини.

4. Можливість одержання кісточок без порушення їх початкових біологічних властивостей як цінної вторинної сировини для подальшої переробки та використання як насінневого матеріалу для галузі садівництва.

5. Переробку сировини виконувати за умовами безвідходної технології.

**Хомічук В.А.** канд.техн.наук, (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

**Усатенко Н.Ф.** канд.техн.наук, (Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет ім. Г. Сковороди, м. Хмельницький, Україна)

### **СТАБІЛЬНІСТЬ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМІННИКІВ ПРИ КОПЧЕННІ М'ЯСОПРОДУКТІВ**

Процес термообробки є однією із основних операцій при виготовленні ковбасних виробів. Реалізація процесу відбувається в термічних камерах за рахунок конвективного теплообміну між теплообмінником та продуктом.

Залежно від виду продукту, технологічний процес проводять в декілька етапів, які різняться між собою не тільки фізичними параметрами робочого середовища, а і його хімічним складом. Так, наприклад, температура робочого середовища в вантажному об'ємі термокамер в процесі термообробки варених ковбас коливається в межах від 20 °С до 90 °С, відносна вологість – від 30 % до 100 %, швидкість – від 0,5 м/с до 2,5 м/с, а на етапі копчення його склад поповнюється декілька сотнями слабоагресивних хімічних компонентів диму, які знаходяться в газоподібному, пароподібному, крапельно-рідкому і твердому (частки вугілля, сажі і золи) стані [1]. В процесі копчення ці компоненти осаджуються не тільки на поверхню продукту, а і на теплообмінник, що с часом суттєво знижує коефіцієнт його тепловіддачі та, за рахунок зменшення живого перетину для проходження через теплообмінник робочого середовища, збільшує його аеродинамічний опір. Як наслідок, збільшується опір аеродинамічної системи термокамер в цілому, що спричиняє додаткові

навантаження на електродвигуни вентиляторів рециркуляції, збільшуючи їх споживану потужність. Загалом же, проблема підтримання у належному стані теплообмінних поверхонь різних конструкцій при їх експлуатації в димоповітряному середовищі досі залишається однією із самих актуальних у м'ясній та рибній промисловості.

Для захисту поверхонь теплообміну від забруднень використовують ряд способів, але всі вони мають деякі недоліки і є недостатньо ефективними [2].

Тому нами поставлена мета – підтримання на належному рівні теплотехнічних характеристик теплообмінників при копченні м'ясопродуктів.

Для досягнення поставленої мети використано зразок оребреної біметалевої теплообмінної поверхні „сталь – алюміній”, створеної методом лиття розплавленої алюмінієвої чушки марки АК-6 на гарячекатану сталеву трубу. Вагомим аргументом для використання цього зразка є високий коефіцієнт теплопровідності алюмінію, з якого утворені ребра ( $\lambda_{ал}=196$  Вт/м·К).

Оптимальність геометрії ребра на трубі визначали на основі порівняльних теплотехнічних розрахунків трьох моделей теплообмінників, створених з використанням залежностей, що рекомендовані в літературних джерелах [3, 4, 5]. Геометрією ребра для теплообмінних поверхонь, вибирали у співвідношенні висоти ребра до зовнішнього діаметра труби:  $h=0,4d_0$ ,  $h=0,7d_0$ ,  $h=d_0$ . При цьому для розрахунків в конструкціях теплообмінників приймали однаковими: зовнішній діаметр труби ( $d_0=25$  мм); шаг оребрення труби ( $u=13$  мм); кількість ребер на трубі ( $i=77$  шт); кількість труб в живому перетині для проходження робочого середовища ( $n_1=7$ ); загальна кількість оребрених труб ( $n_2=14$ ). Ідентичними прийнято було і вирішальні умови експлуатації теплообмінників: теплове навантаження на теплообмінник  $Q=31500$  кДж, середня температура теплоносія ( $T_{сер}=132$ °С), коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія до труби ( $\alpha_{ан}=3000$  Вт/м<sup>2</sup>·К), продуктивність вентилятора рециркуляції ( $V=3000$  м<sup>3</sup>/год), тощо.

В результаті порівняльних математичних обчислювань моделей теплообмінників було встановлено, що теплообмінник, скомпанований з оребрених труб з висотою алюмінієвого ребра  $h=d_0$  (теоретична ефективність ребра  $E=0,77$ ), мав коефіцієнт теплопередачі  $k=42,6$  Вт/м<sup>2</sup>·°К - в середньому, на 26 % нижчий ніж у двох інших. Теплове навантаження на нього було знято за рахунок збільшення для нього поверхні теплообміну, що, як наслідок, привело до незначного збільшення початкових капіталовкладень. Але, при цьому, аеродинамічний опір цього теплообмінника в мережі був нижчий на 35 % ніж у інших, що дозволило знизити на 35 % потужність електродвигуна вентилятора рециркуляції і, в подальшому, зменшити витрати на експлуатацію аеродинамічної мережі термокамери в середньому на 16 %. В умовах економії енергоресурсів це

було достатньо вагомим аргументом на користь саме цієї моделі теплообмінника.

Результати роботи захищені патентом України № 29193 А "Пристрій для термічної обробки та копчення ковбасних виробів"[6].

Доведено, що протягом тривалого часу експлуатації в димоповітряному середовищі теплообмінники раціональної конструкції мають достатньо чисту поверхню і зберігають стабільно високі теплотехнічні характеристики.(коефіцієнт тепловіддачі  $\kappa=42,6 \text{ Вт/м}^2\text{°К}$ ).

#### Література

1. Курко. В.И. Химия копчения.-М.:Пищевая промышленность, 1969.-343 с.
2. Вивчення тепломасообмінних процесів при термічній обробці м'ясопродуктів для оптимізації технології і конструкції обладнання. Звіт по НДР та ДКР/ТІММ УААН, №3.91,-К., 1994.-102 с.
3. Эккерт Э.Л., Дрейк Р.М. Теория тепло- и массообмена (перевод с англ. под редакцией А.В. Лыкова). – М.Л.:Госэнергоиздат, 1961.-680 с.
4. Карасина Э.С. Теплообмен в пучках труб с поперечным ребрами // Изв. ВТИ.-1952.- №12.- С.12-16.
5. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел (перевод с англ. под редакцией А.А. Померанцева).- М.: Наука, 1964.-487 с.
- 6 Патент 29193 А Україна , МКІ А 23 В4 / 044 Пристрій для термічної обробки та копчення ковбасних виробів / Єресько Г.О., Усатенко Н.Ф., № 98010467; Заявл. 28.01.98; Опубл. 16.10.00.-Бюл. N 5-11.

## **СЕКЦІЯ 4**

### **МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ**

**Зиков О.В.** канд.. техн., наук. доцент, докторант  
(ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

#### **МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЙ СЕЛЕКТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ДІЇ**

Аналіз виробництва і споживання енергії показує, що Україна є енергодефіцитною країною, тому питання ефективного використання енергії мають важливе значення. І, хоча питоме споживання енергії на душу населення значно зменшилось і стало нижчим ніж у багатьох країнах Євросоюзу, близько 40% енергії споживає промисловість. Тобто зменшення енерговикористання йде в основному за рахунок зниження комфорту населення. При цьому ефективність використання енергії в Україні на порядок гірша ніж середня по Євросоюзу (за даними [1,2]). Очевидно, що промисловість України в загалі, а, зокрема і харчова промисловість, мають значний потенціал підвищення енергоефективності.

Більшість технологічних процесів харчових виробництв протікає при тепловій або холодильній обробці продукту. Причому організація теплових режимів цих виробництв визначає і органолептичні показники готової продукції, і витрати енергії на її переробку, і продуктивність апаратів.

Розуміння впливу рівня температур на перебіг хімічних реакцій в продукті дає можливість ефективного управління процесами при зберіганні або виробництві продукту. Правильна оцінка необхідної кількості енергії і місця її підведення дозволяє розробити сучасне енергоефективне обладнання, що не призводить до небажаного зниження показників якості продукту: проникненню канцерогенних фракцій в продукт, погіршення смаку, кольору, запаху, викликати пригар продукту, його псування.

Проблеми забезпечення ефективного підведення енергії, адресної її доставки до елементів харчової сировини можуть вирішуватися на базі сучасних пристроїв - теплових труб, термосифонів та інших видів автономних пристроїв для передачі теплоти [3, 4] а також за рахунок засобів з об'ємним підведенням енергії селективної дії [5,6]. Селективне підведення енергії дозволяє витратити тільки необхідну кількість енергії. Але для розрахунку і проектування таких пристроїв потрібні уточнені математичні моделі процесів з адресною доставкою енергії.

Для процесів сушіння дисперсних матеріалів розроблена модель тепломасообміну в шаровому підігрівачі для стаціонарних та нестаціонарних умов нагрівання [7,8].

Селективне підведення енергії в об'ємі матеріалу, що висушується можливо за умов використання НВЧ випромінювання. В таких умовах можливими стають процеси механодифузії (видалення вологи з капілярів під дією градієнта тиску який утворюється внаслідок дії випромінювання на воду, що знаходиться всередині капілярів). Урахувати вплив цього процесу можливо доповнивши модель об'єкта еквівалентною структурою геометрії капілярів в продукті та розрахувавши поля температур і тисків всередині капілярів.

Запропоновані доповнення моделей процесу сушіння дають змогу розробити програми для розрахунку і оптимізації енергоефективного сушильного обладнання.

#### Література

1. International Energy Agency. Key World Energy Statistics // IEA. 2017. 38 p.
2. - International Energy Agency I. Key world energy statistics. 2016.
3. Бурдо О.Г. Совершенствование процессов и аппаратов пищевой и холодильной технологий на основе автономных теплопередающих устройств. 1988. 526 p.
4. Бурдо О.Г. Энергетический мониторинг пищевых производств. Одесса: Полиграф, 2008. 244 p.
5. Burdo O. et al. Development of wave technologies to intensify heat and mass transfer processes // EasternEuropean J. Enterp. Technol. 2017. Vol. 4, № 11–88.
6. Burdo O. et al. Using of the Wave Technologies in Intensification Processes of Heat and Mass Transfer // EUREKA Phys. Eng. 2017. Vol. 4, № 4. P. 18–24.
7. Зыков А.В. Проблемы моделирования процессов сушки // Научные работы ОНАХТ. 2007. Vol. 1, № 30. P. 122–126.
8. Смирнов Г.Ф., Зыков А.В. Анализ процесса сушки недеформируемого, нагреваемого материала на основе представлений о существовании физических механизмов ее торможения // Научные работы [Одесской национальной академии харчових технологій]. 2014. № 45 (2). P. 214–221.

### АНАЛІЗ КРИТЕРІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОПЕРЕЧНО-ОРЕБРЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ТЕПЛООБМІНУ

Основним завданням при створенні сучасних теплообмінних апаратів з повітряним охолодженням є підвищення їх енергетичної ефективності. Збільшення теплотйому і компактності теплообмінників здійснюється за рахунок використання оребрених труб. Поперечне розташування ребер щодо вісі труб в найбільшій мірі сприяє умові вирівнювання термічних опорів на сторонах середовищ, що обмінюються теплом, і зниженню витрат дорогих суцільнотягнутих труб, забезпечуючи при цьому оптимальні масогабаритні характеристики апаратів. Існуюча різноманітність розмірів і форм оребрених поверхонь свідчить про широту дослідницьких робіт по удосконаленню повітряних теплообмінників.

У роботі проведено зіставлення ефективності теплообміну оребреної поверхні, набраної з труб діаметром  $d = 16$  мм, крок оребрення проаналізовано в діапазоні  $u = 2-5$  мм, поздовжній і поперечний крок труб в пучку приймався  $S_1=S_2=37$  мм. Розрахунок теплової ефективності поперечно-оребреної поверхні проведено по рівнянням, які доступні у відкритій літературі [1-8].

Універсальні рівняння для розрахунку теплообміну поперечно-оребраних поверхонь теплообміну у відкритій літературі відсутні у зв'язку зі складністю узагальнення експериментальних даних. Спроби узагальнення великого масиву експериментальних даних випробувань численних в конструктивному варіанті виконання теплообмінних поверхонь призводить до істотного погіршення точності рівнянь.

Проаналізовані критеріальні рівняння для визначення ефективності теплообміну при поперечному омиванні пучків оребрених труб представлено нижче:

$$Nu = c \cdot \left(\frac{d}{u}\right)^{-0.54} \left(\frac{h}{u}\right)^{-0.14} \cdot Re^n [1] \quad (1.1)$$

$$Nu = c \cdot Re^{0.625} \beta^{-0.375} \cdot Pr^{0.33} [2] \quad (1.2)$$

$$Nu = c \cdot c_z \cdot c_s \cdot \left(\frac{d}{u}\right)^{-0.54} \left(\frac{h}{u}\right)^{-0.14} \cdot Re^m [3] \quad (1.3)$$

$$Nu = c \cdot Re^{0.64} \left(\frac{h}{u}\right)^{-m} [4] \quad (1.4)$$

$$Nu = c \cdot c_z \cdot c_s^{0.1} \cdot Re^n \cdot Pr^m \cdot \varphi^{-0.5} [5] \quad (1.5)$$

$$Nu = 1,13 \cdot c_z \cdot c_s \cdot Re^n \cdot Pr^{0.33} [6, 7] \quad (1.6)$$

$$Nu = 0,1 \cdot \left(\frac{S_1}{d}\right)^{1,3} \cdot \left(\frac{S_2}{d}\right)^{-1,5} \cdot Re^{0,6} [8], \quad (1.7)$$

де  $u$  - крок ребер, м;  $d$  - зовнішній діаметр теплообмінної труби (в основі ребра), м;  $Re$  - критерій Рейнольдс;  $Pr$  - критерій Прандтля;  $c, c_z, c_s$  - вагові коефіцієнти емпіричних рівнянь;  $\varphi$  - ступінь оребрення теплообмінної поверхні;  $m, n$  - показники ступеня рівнянь.

\*Примітка: докладніше про показники ступеня рівнянь та вагові коефіцієнти емпіричних рівнянь, умови застосування див. у наведеному нижче списку літератури

Діапазон умов застосування рівнянь для розрахунку інтенсивності теплообміну й аеродинамічного опору поперечно-оребраних трубчастих систем тепловідведення залежить як від конструктивних параметрів (діаметра несучої труби  $d$ , кроку оребрення  $u$ , поперечного  $S_1$  і поздовжнього  $S_2$  кроку труб в пучку, геометричної форми оребрення і т.д.), так і умовами омивання поверхні потоком теплоносія (критерієм  $Re$ ). Для варіанту зіставлення обрано, виходячи з умов застосування наведених вище рівнянь, наступні геометричні параметри поперечно-оребреної трубчастої поверхні:  $d_{zn}=16$  мм,  $u=4$  мм,  $h_p=9$  мм, товщина ребра 0,5 мм, компоновка пучку - шахова,  $S_1 = 37$  мм,  $S_2=37$  мм, коефіцієнт оребрення -  $\beta=9,34$

На рис. 1 представлено зіставлення результатів варіантних розрахунків по критеріальним рівнянням для круглих ребер (1.1) - (1.7). У даних рівняннях в якості визначального розміру приймалися діаметр труби, еквівалентний діаметр труби, крок ребер та умовна довжина. З рис.1 видно, що результати розрахунку числа  $Nu$  для трубчастих поверхонь з круглими ребрами по рівнянням (1.1) -(1.7) суттєво відрізняються. Найбільш високі значення числа  $Nu$  відповідають варіанту використання критеріального рівняння (1.5), найменші - варіанту (1.7). Дана відмінність пов'язана з тим, що в розглянутих рівняннях в якості визначального геометричного параметра при розрахунку числа  $Re$  використовувалися різні величини. У рівнянні (1.5) в якості визначального параметру приймалася умовна довжина  $l_{um} = 25,4$  мм, в рівняння (1.7) - зовнішній діаметр труби  $d_{zn} = 16$  мм. Авторами роботи [8] зауважено, що рівняння (1.7) отримано для труб діаметром 32 мм з коефіцієнтом оребрення теплообмінної поверхні  $\beta = 26,98$ . Отже, отримані занижені результати розрахунку числа  $Nu$  за рівнянням (1.7) пов'язані з тим, що дане рівняння придатне лише для поверхонь теплообміну з високим значенням коефіцієнту оребрення  $\beta$ . Даний висновок добре узгоджується з результатами раніше проведених експериментальних робіт [5]. При цьому швидкість повітря у живому перетині оребреної поверхні, якщо її розрахувати по значенню критерія  $Re$ , наприклад, по рівнянню (1.6) при відповідному числі  $Re$  на 37% вища, аніж для рівняння (1.5).

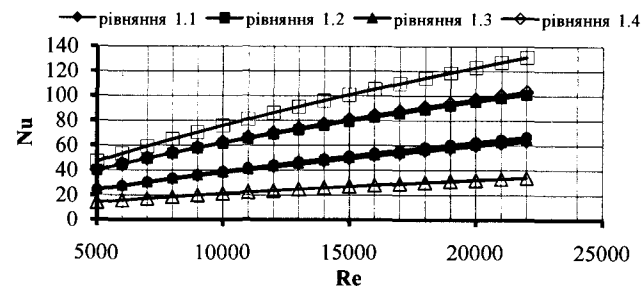


Рис. 1 Графік залежності  $Nu=f(Re)$  для круглих ребер.

Цікавим є ще той факт, що результати розрахунків за рівняннями (1.2) і (1.4) практично збігаються. Даний результат отримано незважаючи на те, що в рівняннях при розрахунку числа  $Re$  в якості визначального параметру застосовувалися відповідно діаметр труби і крок ребер.

Зазначений ефект також спостерігається при зіставленні результатів розрахунків за рівняннями (1.1), (1.3) і (1.6), які отримані незалежними дослідниками для круглоребристих оребрених поверхонь. У даному випадку при виборі визначального параметру для узагальнення емпіричних даних діаметр несучої труби і крок ребер практично рівноцінні.

Проведений аналіз теплової ефективності оребрених поверхонь апаратів з повітряним охолодженням підтвердив суттєвий вплив на результати теплових розрахунків типу обраного критеріального рівняння.

#### Література

1. Кузнецов П.В., Пшениснов И.Ф. О влиянии неравномерности теплоотдачи по поверхности круглого ребра на его эффективность // Теплоэнергетика- 1974,- №8 —С.42-45
2. Schmidt Th. E. Der Wärmeübergang an Rippenrohre und die Berechnung von Rohrbündel – Wärmeaustauschern. – Kältetechn., 1963, Bd. 15, H. 4, S. 98 – 102, H. 12, S. , p. 370-378
3. Юдин В. Ф., Тохтарова Л. С., Локшин В. А., Тулин С. И Обобщение опытных данных о конвективном теплообмене при поперечном омывании пучков труб с поперечным ленточным и шайбовым оребрением // Труды ЦКТИ. – 1968. – Вып. 82. – С. 108-134.
4. Кунтыш В.Б., Таранян И.Г., Иохведов Ф.М. О влиянии глубины межреберной полости на теплоотдачу пучков оребренных труб // Известия вузов СССР. Энергетика,- 1973,- №11.- С. 139-143.
5. Юдин В.Ф. Теплообмен поперечно – оребренных труб // Ленинград, Машиностроение, 1982.-189 с., ил.
6. Обобщение экспериментальных данных и разработка рекомендаций по расчету теплоотдачи шахматных пучков из труб со спиральным и шайбовым оребрением в поперечном потоке газа/ В.Н. Фомина, Е.Я. Титова, В.К. Мигай и др. // Энергетические станции. — 1991. — № 6. — С. 48 - 56.
7. Расчет и рекомендации по проектированию поперечно-ребренных конвективных поверхностей нагрева стационарных котлов. РТМ 108.030.140  
Лисин В.В., Чепурненко В.П. Исследование теплообмена в пучках из литья ребристых труб//Холодильная техника. — 1976. —

**Трач О.Р.**, ст. викладач кафедри КСіУБП  
**Тришин Ф.А.**, канд.техн.наук, доц. кафедри АТПтаРС  
(ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

### МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ПРИ ФОРМУВАННІ ЛЬОДОВОГО БЛОКУ

В наш час планомірно підвищується інтерес до низькотемпературних технологій водопідготовки. Це пов'язано з їх високою енергоефективністю, оскільки для перетворення води в пар до неї потрібно підвести 2252 кДж кг тепла, а для перетворення води в лід (виморожування) необхідно відвести

335 кДж/кг тепла. При направленій кристалізації на горизонтальній поверхні, температура якої нижче криоскопічної температури, формується підкладка у вигляді твердої фази. Нижче зростає двофазний шар, що складається з льоду і розчину. Поверхню двофазової зони і розчин розділяє приграничний шар. Управління процесом спрямованої кристалізації засноване на забезпеченні необхідних умов формування двофазного шару. Дослідження процесу теплопередачі в реальних умовах пов'язане з великими труднощами, внаслідок складності і нестационарності процесів, тому великого значення набуває теоретичний аналіз і побудова моделей. Основні проблеми з розрахунком процесу пов'язані з двофазним шаром. Тут в теплопереносі беруть участь як тверда фаза (лід), так і розчин. Обмежені умови пористої структури цього шару дозволяють вважати, що конвективні потоки в порах відсутні і теплоперенос проходить паралельно через крижані «ребра» і через розчин. Введемо ефективний коефіцієнт теплопровідності пористої структури, який визначається температурою і пористістю. Природно, для кожного зрізу ці параметри різні, а визначальний вплив буде мати пористість. Будемо рахувати:

$$\lambda_e = \varepsilon \lambda_p + (1 - \varepsilon) \lambda_n \quad (1)$$

У процесі кристалізації температура ( $t_p$ ), концентрація ( $X_p$ ) і пористість ( $\varepsilon$ ) кожного зрізу шару змінюються, тому:

$$\lambda_e(h) = \varepsilon(h) \lambda_p(t, X_p) + (1 - \varepsilon(h)) \lambda_n(t) \quad (2)$$

Числове моделювання проведене по формулі (2) показує, що значний вплив на процес теплопередачі має внутрішня структура блоку льоду, що ускладнює задачу вивчення теплопередачі моделювання внутрішньої структури льодового блоку. Приведемо декілька підходів до вирішення цієї проблеми. Виділяють кілька характерних моделей фізичного моделювання пористих систем, що відображають як корпускулярну будову пористих систем, так і губчаста. Виходячи з цього всі моделі діляться на глобулярні і капілярні. Слід зазначити, що моделі, побудовані вище наведеними способами, задовільно працюють тільки для промислово створених матеріалів, оскільки для них заздалегідь відомі основні розміри частинок, еквівалентний радіус пор і технологія виробництва матеріалу. Оскільки блок льоду відноситься до природних речовин, то його структури знаходяться під впливом різноманітних випадкових факторів, що значно ускладнює побудову достовірної фізичної моделі. У такій ситуації доцільно застосовувати стохастичні методи моделювання, теорію фракталів і теорію перколяції. Слід враховувати, що дослідження природних об'єктів пов'язане з великими труднощами, по-кілкі у них, як правило, відсутня точна самоподібність, тому використовується поняття топологічної самоподібності або самоафінності. Потрібно брати до уваги, що в загальному випадку кількість ітерацій фракталу - нескінченна, однак при моделюванні реальних об'єктів це число обмежене. Використовуючи фрактальний аналіз стохастичною структури можливо визначити деякі усереднені параметри, що характеризують її будову, що дозволить використовувати їх в практичних розрахунках для визначення показників тепло- і масообміну.

## МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА КОНЦЕНТРОВАНИХ ЕКСТРАКТИВ КАВИ

Складний характер взаємодії факторів, що визначають швидкість протікання процесів екстрагування в системі «тверде тіло - рідина», не дозволяє встановити загальну модель всіх випадків екстрагування. Але рішення задачі масопереносу в умовах мікрохвильового поля можна розглянути як сукупність моделі дифузії всередині капіляра пористого тіла, моделі масопереносу з пористого тіла сферичної форми, а також моделі дифузії з точкового джерела в потік.

Розрахунок процесу екстрагування речовини рідиною з твердої фази полягає у визначенні необхідної тривалості процесу (довжини апарату при заданій швидкості руху по ньому) для отримання потрібного ступеня екстрагування. Можливий і зворотний розрахунок – визначення ступеня екстрагування речовини при заданій тривалості процесу.

Модель процесу екстрагування повинна визначати тривалість для апаратів періодичної і напівнеперервної дії, або тривалість контакту фаз і конструктивні розміри безперервно діючого екстрактора. У всіх випадках є необхідною лінійною рівновагою фаз «тверде тіло - рідина».

Рівновага під час вилучення в системі «тверде тіло - рідина» настає в тому випадку, коли хімічний потенціал вилученої розчинної речовини в екстрагенті стає рівним величині його хімічного потенціалу в вихідному твердому тілі. Стосовно системи «кава - вода» рівновага досягається при рівності концентрацій розчинних речовин в пористій структурі твердого речовини і в основній масі розчинника. Рушійною силою в даному випадку буде різниця цих концентрацій, і швидкість процесу може бути описана рівнянням [1]:

$$\frac{dM}{d\tau} = \beta \cdot F \cdot (c_n - c_0), \quad (1)$$

де  $M$  – маса твердої речовини, що розчинюється в момент часу  $\tau$ ;  $\beta$  – коефіцієнт масовиддачі в рідкій фазі;  $F$  – поверхня контакту фаз в момент часу  $\tau$ ;  $c_n$  – концентрація розчинних речовин, що дорівнює концентрації насиченого розчину;  $c_0$  – середня концентрація в основній масі розчину.

Тверде тіло (кавову сировину) будемо вважати бінарною системою, що складається з нерозчинної і розчинної частин. Розчинною частиною представляється весь комплекс компонентів, що переходять в екстрагент.

За умов дії мікрохвильового випромінювання, окрім різниці концентрацій на швидкість процесу впливає також бародифузійна складова, яка виникає внаслідок підвищення тиску всередині капілярів сировини.

Для розрахунку гідравлічних і термічних опорів і відповідних коефіцієнтів переносу, отримано структуру критеріального рівняння використовуючи метод аналізу розмірностей:

$$St_m = A (Re)^m (Sc)^n (Bu)^p (\Pi)^b (D)^k \quad (2)$$

де  $St_m$  – число Стантона масообмінного;  $Re$  – число Рейнольдса;  $Sc$  – число Шервуда;  $Bu$  – число Бурдо;  $\Pi$  – безрозмірна параметрична проникність;  $D$  – еквівалентний діаметр часток сировини;  $A, m, n, p, b$  і  $k$  константи, які визначаються при обробці масиву відповідних експериментальних даних.

Після проведення ряду досліджень визначено значення констант рівняння (2):

$$St_m = 0,027 (Re)^{-0,86} (Sc)^{0,43} (Bu)^{0,43} (\Pi)^{0,35} (D)^{1,2} \quad (3)$$

Перед виготовленням апарату необхідно уточнення основних конструктивних особливостей апарату таких як його габаритні розміри, кількість секцій, потужність генераторів електромагнітної енергії, витрата екстрагенту та сировини. У основу комп'ютерного експерименту покладено рівняння інтенсивності масопереносу з кавової сировини за умов дії мікрохвильового поля та запропонована інженерна методика розрахунку мікрохвильового екстрактора.

Проведення комп'ютерного експерименту дає можливість виробити технологічні рекомендації, щодо ведення процесу екстрагування за умов дії мікрохвильового поля.

Основні інструменти для проведення експерименту – комп'ютерна техніка та пакет прикладних програмних пакетів Microsoft Excel та програма «EXTRACTOR.1» написана на мові програмування Pascal, в середовищі Borland Delphi 7.0.

Моделювання та оптимізація за допомогою пакету програм EXTRACTOR дозволили запропонувати типорозмірний ряд екстракторів. Максимум економічної ефективності відповідає: масообмінним модулям довжиною 0,94 м, висотою 0,9 м, шириною 350 мм, кількості масообмінних модулів 15 шт та при значенні висоти масообмінного модуля екстрактора 1...8 мм, гідромодулі «сировина-екстрагент» 1:3 та температурі близько 100 °С.

Аналіз експерименту показав, що найбільший вплив на процес екстрагування в умовах дії мікрохвильового мають такі технологічні та режимні параметри: вихідна мікрохвильова потужність магнетронів, продуктивності по сировині і екстрагенту, а також висота шару сировини в одиничному масообмінному модулі.

### Література:

1. Процессы переработки кофейного шлама [Текст] / О.Г. Бурдо, С.Г. Терзієв, Н.В. Ружицкая, Т.Л. Макиевская – Киев: «ЕнтерПринт», 2014 – 228 с.

**Янаков В.П.**, канд. техн. наук **Паляничка Н.А.**, канд. техн. наук **Темников Г.Е.** (ТГАТУ, г. Мелітополь, Україна)

## ПРОЦЕССНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАМЕСА ТЕСТА

Целью создания широкого ассортимента хлебопекарной, макаронной и кондитерской продукции является полное удовлетворение пищевых запросов

населения. Она основывается на технических возможностях тестомесильных машин, специфике используемых технологий и потенциале качествообразующих преобразований применяемого рецептурного сырья. Дальнейшая организация гидромеханических, теплообменных, массообменных и механических процессов в технологической операции замеса теста даёт возможность определить наиболее эффективное сочетание процессных, технологических и товароведческих подходов:

- улучшение качественных показателей теста; повышение энергетической эффективности используемых технологий замеса;
- рост технологической надёжности работы тестомесильной машины;
- возможность прогнозирования свойств хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста;
- управление реализуемых процессов тестоприготовления.

Эти подходы в конечном итоге приводят к определению эффективности пищевых производств. В дальнейшем они суммарно определяют возможность управления качеством теста и контроле энергозатрат в данный период времени и в последующем формируют стоимость выпускаемой продукции. Последующее обеспечение решения проблем реализуемых технологий в работе тестомесильной машины сводится к решению задачи "mini-max":

$$\chi(d) = \max_{A_1 \in \Xi} \cdot \min_{A_2 \in Z} \cdot \max_{A_3 \in J} \cdot g_k(d, z, \xi) \leq 1 \quad (1)$$

где,  $\chi(d)$  – эффективность хлебопекарных, макаронных и кондитерских производств, ед.;  $A_1$  – границы варьирования качественных и энергетических показателей выпускаемой продукции, ед.;  $\Xi$  – функция гибкости стоимости выпускаемой продукции, шт/грн.;  $A_2$  – границы варьирования стоимостных показателей выпускаемой продукции, грн.;  $Z$  – стоимость энергозатрат при реализации технологической операции замеса, грн/кВт.;  $A_3$  – границы варьирования при управлении качеством выпускаемой продукции, ед.;  $J$  – технологически обоснованный уровень однородности теста выпускаемой продукции, кг/м<sup>3</sup>.;  $g_k$  – возможность управления качеством выпускаемой продукции, ед.;  $d$  – технические возможности изменения энергетического воздействия на рецептурное сырьё и тесто применяемой тестомесильной машины, ед.;  $z$  – возможности изменения параметров процессов в применяемой технологии выпускаемой продукции, ед.;  $\xi$  – границы параметров применяемого рецептурного сырья в технологии выпускаемой продукции, ед.

Последующее решение проблем реализуемых технологий пищевых производств даёт возможность определить экономическую эффективность выпускаемой продукции и сегмента её реализации на рынке хлебопекарных, макаронных и кондитерских изделий. Достигаемое улучшение качественных показателей теста повышает энергетическую результативность тестоприготовления и технологическую надёжность тестомесильной машины

при сохранении вероятности прогнозирования свойств теста. В целом данный подход возможно представить в виде таблицы.

Таблица 1

Показатели используемых технологий замеса теста

№ п/п	Наименование	Характеристика
1	Экономическая	эффективность хлебопекарных, макаронных и кондитерских производств, ед.
2	Процессная	границы варьирования качественных и энергетических показателей выпускаемой продукции, ед.
3	Товароведческая	границы варьирования при управлении качеством выпускаемой продукции, ед.
4	Аппаратная	технические возможности применяемой тестомесильной машины, ед.
5	Технологическая	возможности изменения параметров процессов в применяемой технологии выпускаемой продукции, ед.
6	Энергетическая	стоимость энергозатрат при реализации технологической операции замеса, грн/кВт.

Ключевым направлением усовершенствования технологии замеса является поиск новых технологических решений. При этом величина стоимости энергозатрат при реализации технологической операции замеса должна соответствовать получаемому уровню однородности теста. Результатом исследований действенного сочетания является обеспечение достаточных параметров реализации тестоприготовления:

1. факторы пищевого производства;
2. решение задачи "mini-max" реализуемых технологий;
3. показатели используемых технологий замеса теста;

Экспериментальная апробация выдвигаемых теоретических предпосылок даст возможность повысить эффективность применяемых технологий при изготовлении хлебопекарной, макаронной и кондитерской продукции.

Резниченко Т.А., аспирант (ОНАПТ, г. Одесса, Украина)

### ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ РАСТВОРОВ В МИКРОВОЛНОВОМ ВАУУМ-ВЫПАРНОМ АППАРАТЕ

При микроволновом подводе энергия подводится непосредственно к молекулам воды в продукте, так как сухие вещества как правило радиопрозрачны. Очаги парообразования возникают во всем объеме и выполняют функцию греющей поверхности. Таким образом площадь поверхности теплообмена должна возрастать на порядки. Реализуется схема подвода энергии, показавшая высокую эффективность в технологиях сушки [1, 2].

Скорость протекания процессов выпаривания в условиях микроволнового подвода энергии определяется сложными

взаимодействиями многих факторов, учесть которые в одной универсальной для всех случаев модели невозможно.

Получить структуру критериального уравнения для расчета микроволновых вакуум-выпарных аппаратов периодического действия можно методом анализа размерностей [3].

В общем виде на производительность аппарата по конденсату  $v$  влияют количество микроволновой энергии  $N$ , удельная теплота парообразования растворителя, который удаляется  $r$ , плотность растворителя  $\rho$ , площадь зеркала продукта в аппарате  $S$ , уровень продукта в аппарате  $h$ , объем продукта  $V_{np}$ , давление в аппарате и окружающей среды  $P$  та  $P_0$ . Тогда получаем следующую зависимость в общем виде:

$$v = f(N, r, \rho, S, h, V_{np}, P, P_0). \quad (1)$$

Используя метод анализа размерностей можно функцию (1) заменить зависимостью между критериями подобия.

$$\frac{N}{v \cdot r \cdot \rho} = \text{Bu}. \quad (2)$$

$$\frac{S \cdot h}{V} = F. \quad (3)$$

Комплекс  $F$  – учитывает влияние площади поверхности парообразования.

Влияние давления учитывается комбинацией:  $\frac{P}{P_0}$

Таким образом применяя числа подобия получаем следующее уравнение:

$$\text{Bu} = A \cdot (F)^n \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)^m, \quad (4)$$

Константы  $A, n, m$  определяются экспериментально.

Обработка массива экспериментальных данных позволяет рекомендовать для расчета процесса выпаривания в микроволновом вакуум-выпарном аппарате следующее уравнение:

$$\text{Bu} = 4,326 \cdot F^{-1,93} \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)^{0,12} \quad (10)$$

**Выводы.** В технологиях концентрирования экстрактов микроволновый подвод энергии позволяет добиться равномерности подвода энергии к продукту в выпарном аппарате и исключить промежуточный теплоноситель. При этом энергия подводится непосредственно к воде (полярному экстрагенту) в продукте.

За счет того, что по всему объему выпариваемого продукта возникают очаги парообразования, на порядок возрастает поверхность теплообмена в аппарате. На интенсивность испарения помимо энергоподвода и давления также оказывает влияние площадь поверхности испарения.

Структура критериального уравнения определена методом анализа размерностей. Число энергетического действия, которое устанавливает

соотношение мощности микроволнового поля и энергии, которая необходима для перевода растворителя в пар, определяется безразмерным критерием площади и безразмерным давлением в аппарате. Полученное уравнение является основой для инженерной методики расчета и оптимизации микроволнового вакуум-выпарного оборудования.

#### Литература

1. Бурдо О.Г. Эволюция сушильных установок. [Текст] – Одесса: «Полиграф», 2010. – 368 с.
2. Бурдо О.Г. Исследование модуля ленточной сушилки растительного сырья с комбинированным электромагнитным подводом энергии [Текст] / Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Яровой И.И., Ружицкая Н.В.// Труды IV Международной научно-практической конференции «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов СЭТТ-2011)». – Т.1, Москва, 2011. – С. 422 - 426.
3. Бурдо О.Г., Калинин Л.Г. Прикладное моделирование процессов переноса в технологических системах: Учебник. [Текст] – Одесса: Друк, 2008. – 348с.

## СЕКЦІЯ 5

### ДОСЛІДЖЕННЯ МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ

**Афанасьєва А., Вечірко В., Патрашко М., Саїд Д.**  
(Одеська спеціалізована школа № 111, м Одеса, Україна)

#### ПОКРАЩЕННЯ СТРУКТУРИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЖИТЕЛІВ СЛОБІДКИ

Україна є однією з найбільш енерговитратних країн світу. Її частка у світовому споживанні електроенергії становить 1,9, тоді як населення становить 1% людства. Невпинно зростає споживання енергії і в побуті, оскільки населення неперервно розширює асортимент побутової техніки – споживачів електроенергії. Розрахунки показують, що тільки електролампи розжарювання споживають при освітленні 2-3 квартири більше 30 кВт. год. за місяць

Один з пунктів муніципальної програми енергозбереження, затвердженого Одеською міською радою рішенням №6920-VI від 10.03.2015р. передбачив ряд заходів спрямованих на економію енергії в побуті та в муніципальних закладах сфери освіти, в тому числі і проведення широкої роз'яснювальної роботи серед населення з цього питання. Враховуючи перманентне підвищення тарифів на електроенергію, економія її споживання стає для кожної сім'ї не просто бажаною, а життєво необхідною, що пов'язано зі зміною психології, звичок, способу життя.

Тому члени дослідити структуру споживання електричної енергії жителями мікрорайону, батьками учнів нашої школи, і напрацювати пропозиції щодо економії електроенергії. Ми розробили анкету і провели опитування 165 сімей, для яких це питання секції фізики шкільного наукового товариства взяли за мету було актуальним. Отримані результати узагальнені у вигляді діаграми (рис.1).

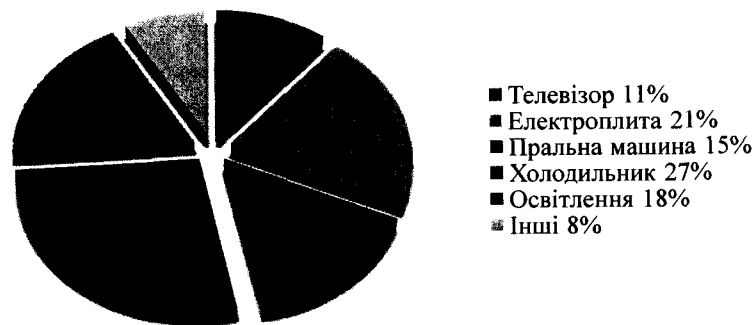


Рис. 1. Схема розподілення електроенергії у побуті.

У таблиці 1 показано розподіл енергії за наявності в сім'ях електропобутових приладів, які використовують теплову дію електричного струму, що є найбільш енерговитратною, і видів джерел світла.

Таблиця 1

#### Витрати електроенергії на роботу побутових електроприладів

№	Види електропобутових приладів, які використовують теплову дію струму	Наявність, %	Види джерел світла	Наявність, %
1	Електроплити	35	Лампочки розжарювання	40
2	Водонагрівач	73		
3	Підлога з підігрівом	11	Газонаповнені (люмінесцентні лампи)	55
4	Електрокаміни	6		
5	Пральні машини	100	Світлодіодні	5

Були розроблені докладні рекомендації щодо встановлення режиму роботи більшості побутових приладів. Для впливу на психологію, звички споживачів ми підготували підбірку цікавих фактів і пам'ятку з економії електроенергії.

В подальшому члени секції шкільного наукового товариства планують проводити інтерактивну інформаційну і агітаційну роботу серед батьків і учнів на класних і батьківських зборах, а також на шкільному сайті в інтернеті.

**Милинчук Е.С.**, учениця 10 класу, **Копач С.А.**, учитель фізики, директор, **Леонова Л.Ю.**, учитель фізики (гимназія № 9, г. Одеса, Україна)

#### ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ

Сегодня приоритетное положение в мире занимают технологии, которые обеспечивают максимальное сохранение в готовом продукте вкусовых и пищевых свойств исходного сырья. Важным показателем уровня пищевых технологий – является энергоёмкость производства.

Актуальной задачей пищевой промышленности Украины является разработка прогрессивных технологий переработки сырья, которые обеспечат высокое качество продукции, снижение энергетических затрат и повышение экономической эффективности производства.

Производство концентрированных продуктов получило широкое развитие во всем мире. Концентрирование – это удаление части воды из продукта, эффективный способ консервирования. Путем концентрирования, содержание сухих веществ в соках можно повысить до 60-70% и объем продукта при этом уменьшается в 5-6 раз. Это позволяет снизить стоимость транспортировки, уменьшить площади для хранения продукта,

предотвратить нежелательные процессы (химические, биохимические, микробиологические).

Метод концентрирования применяют для таких продуктов, как соки, экстракты, молочные продукты, чай и кофе. Для производства концентратов более пригодны соки, содержащие наибольшее количество растворенных сухих веществ и витаминов, а также, имеющие приятный естественный аромат. Концентрирование жидких пищевых продуктов может осуществляться методами: выпаривания, вымораживания или мембранных технологий.

Выпаривание в вакуумных установках позволяет проводить процесс при пониженных температурах, что дает возможность сохранить термолабильные компоненты исходного сырья (витамины, макро- и микроэлементы). Однако, даже при пониженных температурах кипения изменения этих компонентов присутствуют. Поэтому, конструкции выпарных установок постоянно совершенствуют. Но избавиться полностью от отрицательного влияния повышенных температур на качество продукта не удается. В частности, частично теряется аромата, вкус, цвет продукта. Кроме того, энергозатраты при использовании этого метода достаточно высокие.

Метод мембранных технологий основан на использовании явлений прямого и обратного осмоса при извлечении воды. Явление осмоса заключается в том, что растворитель проходит через полупроницаемую мембрану и разбавляет раствор. Переход растворителя не будет продолжаться бесконечно. Он проходит до определенного предела. Недостатками метода являются ограниченная максимальная концентрация полученного продукта 30-40%, засорение и разрыв мембран, недостаточный ассортимент и качество мембран, дороговизна и сложность их изготовления.

Концентрирование вымораживанием основано на охлаждении продукта ниже температуры его замерзания. При этом часть воды замерзает и в виде кристаллов льда отделяется от концентрата. Основным преимуществом способа вымораживания является то, что процесс ведется при низких температурах и продукт претерпевает минимальные изменения. Особенно это относится к термолабильным продуктам, или растворам, которые содержат большое количество ароматических веществ. Криоконцентрат после разведения водой дает продукт по химическому составу и органолептическим свойствам близкий к свежему исходному сырью.

Вымораживающие установки имеют более сложную и дорогую конструкцию, но энергетические затраты в процессе производства ниже чем при выпаривании.

*Энергетический аспект.* Физическая энергия, необходимая для превращения 1 кг воды в лед составляет 0,33 МДж, а при превращении воды в пар 2,6 МДж. Общий объем потребления энергии при криоконцентрировании вымораживанием складывается из двух

составляющих - потребление энергии для обеспечения работы кристаллизатора и прочего оборудования (мешалок, насосов и др.).

Современное оборудование для криоконцентрирования характеризуется значительными потерями холода, что приводит к повышению потребления энергии. Причем на прочее оборудование тратится энергии значительно больше чем на работу кристаллизатора.

Одесскими учеными спроектирована экспериментальная установка для концентрирования жидких пищевых продуктов методом блочного вымораживания. Суть изобретения в том, что в емкость с охлажденным продуктом опускают охлаждаемый стержневой кристаллизатор, на поверхности которого намораживается блок льда. Далее его извлекают из емкости и выдерживают при положительных температурах. Собирают стекающий с блока раствор и возвращают на дальнейшее концентрирование.

Суммарные затраты энергии при этом способе максимально приближены к урону процесса кристаллизации. Конструкция установки предельно проста и надежна.

Таким образом, применение техники блочного вымораживания воды их жидких пищевых продуктов позволяет получить продукт высокого качества, а также снизить энергопотребление в 7 раз по сравнению с методом выпаривания.

#### **Литература:**

1. Техника блочного вымораживания/ О.Г. Бурдо, С.И. Милинчук, В.П. Мордынский, Д.А. Харенко. – Одесса: “Полиграф”, 2011. – 294 с.
2. Пап Л. Концентрирование вымораживанием/Пер. с венгерского О.А. Комякова. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 97 с.

**Філінюк О.М.**, учень 10-го класу, **Блошенко Н.С.**, учень 10-го класу, **Коваль О.Є.**, вчитель фізики (Одеська СШ № 86, м. Одеса, Україна)

### **СВІТОВИЙ ДОСВІД ОТРИМАННЯ ЕНЕРГІЇ ЗІ СМІТТЯ ТА ВІДХОДІВ**

Проблема сміття в Україні є гострою. Наразі ми не вміємо повною мірою використовувати величезну енергію, яку містять продукти життєдіяльності людини. Проте, наша країна має надзвичайно високий потенціал використання відходів як енергетичної сировини. За обсягом промислових і побутових відходів на душу населення Україна перша в Європі. Щорічно один тільки Київ виробляє більше ніж 1200 тонн такого «добра». Скільки грошей можна було б використати на благоустрій міста, якби в нього були державні програми, подібні до шведських. Через незадовільне фінансування практична реалізація програм з переробки твердих побутових відходів дуже незначна. Отже, вивчення досвіду країн, що навчилися використовувати сміттєві відходи на користь населення, є досить актуальним. Якщо навчитися переробляти сміття та відходи у

електроенергію, біогаз та тепло, це поліпшить економічний та екологічний стани України.

Ми розглянули найбільш успішні приклади переробки відходів та сміття у Швеції, Італії, Норвегії, Канаді, Китаю, Німеччині, Чехії, Фінляндії. Проаналізували статистичну інформацію і внесли порівняльні дані в таблицю щодо технологій переробки (спалювання, біотермічний спосіб, компостування, поховання відходів), видів відходів (побутові, харчові, сільського господарства, тверді побутові відходи (ТПВ), універсальні), кількості переробленого сміття та видів отриманої енергії (тепло, біогаз, електроенергія, паливо для транспорту). Провели порівняльне дослідження стану поводження з побутовими відходами в Україні, Швеції, Польщі та країнах Європейського Союзу щодо кількості утворених ТПВ, кількості захоронених, видалених, спалених та перероблених ТПВ. По-перше, вразила своїми масштабами та ефективністю Швеція. Місцеві муніципалітети заохочують споживачів, вони вважають: використання матеріалів вдруге означає, що енергії на створення нового продукту з отриманої сировини піде менше. До того ж, з відходів їжі отримують біогаз, на якому їздять автомобілі для збору сміття. Швеція — єдина країна, яка повністю змогла позбутися сміття. Багато держав Європи, а також США переймають шведський досвід із використання ТПВ, харчових відходів, але ще не досягли такого високого ступеня переробки. В Україні теж робляться кроки в цьому напрямку, але недостатня свідомість населення і небажання чиновників держслужб заглиблюватися в ці «другорядні» проблеми не приводять поки до ефективних результатів. Проте є багато волонтерів у сфері екології, які взялися вирішувати цю проблему, і у них виходить. Як наслідок, українська модель поводження з відходами суттєво відстає від європейської. Вивезення та захоронення всіх ТПВ в Україні складає 94,1%, спалювання - 2,7%, переробка – 2,8%. В той час, коли в Європі, всього 5-10% ТПВ – це залишки, які не можуть бути перероблені.

Для України нагальним питанням є налагодити тісне співробітництво з обміну досвідом та впровадження програм, що передбачають економне та ефективне поводження з промисловими відходами та продуктами життєдіяльності людини. Намічене будівництво нового заводу з переробки сміття під Києвом. Він звільнить від усяких відходів і місто, і околиці. Це найсучасніший і найбільший проект в Україні. На нього піде 40 мільйонів євро. Продуктом на виході буде альтернативне паливо, яке призначене для використання в твердопаливних котлах.

Ми пропонуємо наступні шляхи вирішення проблеми, щоб країна і кожне місто в ній сяяли чистотою та отримали б додаткове джерело енергії:

1. Проведення просвітницької роботи. Багато людей не замислюються над тим, куди йде сміття з їхніх баків у дворі.

2. Заохочення жителів багатоповерхових будинків та приватного сектору збирати сміття по роздільних контейнерах (коробках, відрах), щоб потім воно цілеспрямовано йшло за призначенням.

3. Для виробників обов'язковою умовою повинна стати велика відповідальність за власні виробничі відходи та їх правильну утилізацію, а в подальшому сприяти переробці на енергоресурси.

4. Імплементация європейського законодавства у сфері поводження з побутовими відходами.

5. Зробити захоронення ТПВ економічно недоцільним (поетапне підвищення вартості утилізації).

6. Прийняття законопроекту 3198-І передбачає заборону захоронення на звалищах з 2020 року та не утилізованих ТПВ з 2025 року.

7. Встановлення «зеленого тарифу» на електроенергію, отриману в результаті утилізації ТПВ.

#### Література:

1. Ігнатенко О.П. Побутові відходи – правила гри на ринку: практичний посібник / О. П. Ігнатенко. – Київ, 2011. – 186 с.
2. Садова Ю. М. Отримання біогазу шляхом інтенсифікації біологічного очищення стічних вод // Екологічна безпека. – 2012. – №1. – С. 174-177.
3. Гелетуца Г. Перспективи біогазу в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
4. <http://www.epravda.com.ua>
5. <https://doba.te.ua/post/25851>
6. <http://agro-business.com.ua/agrobusiness/technology/4645-biogaz-abo-ia-k-zarobyty-na-vidkhodakh.html>
7. [http://www.liga.net/opinion/342672\\_bytovye-otkhody-istochnik-energii-ili-bomba-dlya-okruzhayushchey-sredy.htm](http://www.liga.net/opinion/342672_bytovye-otkhody-istochnik-energii-ili-bomba-dlya-okruzhayushchey-sredy.htm)

Велічко В.П., магістрант (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

## ІННОВАЦІЙНА ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЯ ЕКСТРАГУВАННЯ ІЗ ПЛОДІВ ШИПШИНИ

Використання лікарської сировини рослинного і тваринного походження в якості лікарських засобів сягає своїм корінням у давні часи. Лікарські препарати рослинного походження займають одне із основних місць в сучасній фармакології. Медична наука уважно вивчає властивості рослин, виробляють препарати рослинного походження, які вважаються гідною альтернативою синтетичним препаратам в лікуванні багатьох захворювань, адже фітопрепарати, що містять комплекс біологічно активних речовин, характеризуються широким спектром фармакологічної дії. В фармакології різних країн світу з кожним роком включають нові види лікарських рослин та знаходять нові лікарські особливості.

Серед дикорослих рослин за вмістом природних біологічно активних речовин вигідно відрізняється шипшина. Із плодів шипшини виготовляють велику кількість фітопрепаратів, також широкий сектор використання в харчовій та косметологічній промисловості. Плоди шипшини привертають свою увагу спеціалістів і як перспективне рішення для вирішення екологічних задач. Аналізуючи сучасні принципи комплексної переробки плодів шипшини показано, що ці технології характеризуються низьким

коефіцієнтом використання вихідної сировини, високими енергетичними затратами і наявністю великої кількості неутілізованих відходів.

Ефективність процесу екстрагування значно залежить від способу підготовки сировини до цього процесу, оскільки клітинна проникність сировини істотно визначається формою і розміром дисперсного складу частинок [1]. Механічні методи інтенсифікації на стадії підготовки сировини необхідні для збільшення поверхні контакту фаз, що досягається за рахунок зменшення розміру частинок. Тому для кожного виду сировини і умов протікання процесу екстрагування існує певний раціональний розмір часток, при якому сумарне внутрішнє і зовнішнє дифузійний опір є мінімальним, при цьому знижується стійкість цитоплазматичних мембран, що призводить до розриву клітин сировини, екстрагент більш вільно проникає в клітину і збільшується контакт сировини з розчинником.

Шнайдманом Л.О. була розроблена технологія комплексної переробки плодів шипшини на вітамінні препарати, що включала в себе три технологічні лінії: - отримання концентрату з вітаміном С; - отримання концентрату з вітаміном групи Р; - отримання каротиноїдних препаратів. Технологія приваблива тим, що в досить повній мірі використовує ресурс вихідної сировини з випуском широкого кола готових продуктів. Однак, окремі стадії технологічного процесу є енергоємними. Так, при гідротермічній обробці цільних плодів виходить водний екстракт з низькою концентрацією, що призводить до великих витрат тепла при його упарюванні до необхідного вмісту в сиропі сухих речовин [2].

В останні роки спеціалісти шукають друге рішення проблеми енергофактивності виробництва фітопрепаратів, тому зростає цікавість до технологій в електромагнітному полі. Одним із способів такої технології є екстрагування в мікрохвильовому полі. Адаже довго тривалість процесу з підводом мікрохвильової енергії на 40...90% менше довго тривалості екстрагування традиційними способами [3]. Фізика процесу МХ-екстрагування оснований на властивостях води, яка являється хорошим розчинником і має виражені дипольні властивості. Під дією електромагнітного випромінювання дипольні молекули води в клітинах рослинної сировини починають рухатись у відповідності із законом зміни електричного поля протягом періоду робочої частоти. Тертя молекул призводить до нагрівання води в клітинах рослинної сировини, утворена пара і виносення разом з ним продуктів екстракції в робочий об'єм.

Метою досліджень є вдосконалення процесу екстрагування електромагнітними джерелами енергії, мінімізація енергетичних витрат та гарантування якісних параметрів розчину.

Дослідження екстрагування плодів шипшини проводились за методикою, яка складалась з наступних операцій: зважування маси плодів (Мп) і екстрагента (Мв). Далі встановлювалась необхідна потужність магнетрона (Nm). В процесі дослідів за допомогою пірометра і термопар вимірювались температури плодів в реакційному об'ємі і екстракту на вході і виході з камери. Витрата екстрагента (V) визначався ваговим методом, а

оптична щільність екстракту (D) за допомогою фотокалориметра Spekol. Концентрація розчину вимірювалась цифровим рефрактометром. Вибірково визначалась концентрація екстракту класичним методом висушування до постійної ваги. Основне завдання досліджень - визначити вплив режимних параметрів на кінетику процесу екстрагування із плодів шипшини. В досліді фіксувалось тривалість процесу, тиск, температура і концентрація розчину в час обробки. Вивчався вплив потужності підведеної електромагнітної енергії, температури, розмірів плоду на середню інтенсивність процесу екстрагування.

Ряд дослідів проведена нерухомому стані в реакторі та циркуляційному контурі. Досліди проводилися в широкому діапазоні зміни параметрів (табл. 1).

Таблиця 1

Діапазон експериментального моделювання

Сировина	Тиск, кПа	Температура, T, °C	Концентрація, %	Гідромодуль
Шипшини	15...45	40...80	1 – 12,5	1/1...1/4

Із проведення дослідів можна прийти до наступних висновків, що термін обробки НВЧ- полем забезпечує технологічний рівень температури екстрагування, що при підвищенні температури (терміну обробки) на 10 С інтенсифікує процес екстрагування на 15...18%, а при рівних температурах процес екстрагування в полі йде в 2,5 рази швидше, ніж в традиційному режимі. Також важливо виділити, що при збільшенні температури зменшується час екстрагування, та зменшуються витрати енергії.

#### Література

1. Бурдо О.Г. Шляхи підвищення енергетичної ефективності процесів переробки плодів шипшини. Наукові праці, випуск 47, Т.2 – Одеса.
2. Бурдо О.Г. Принципы направленного энергетического действия в пищевых нанотехнологиях /Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Бандура В.Н.// Научный информационно-аналитический инженерный журнал «Problemele energeticii regionale (Проблеми регіональної енергетики)» – Кишинев, 2015г. – №1 (27) – С.79–85
3. Бурдо О.Г., Пищевые нанотехнологии – Херсон, 2013 – 294с.

**Воронко О.**, учень 7(11) класу, **Чабанюк В.**, учень 7(11) класу (Одеська гімназія №5, м. Одеса, Україна)

### ЕНЕРГЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОДЕСЬКОЇ ГІМНАЗІЇ №5 ТА ЇЇ ТЕПЛОВА МОДЕРНІЗАЦІЯ

Навчаючись у п'ятій гімназії, кожен зима учні стикаються з проблемою низької температури в будь-якому кабінеті. Згідно з Державними санітарними правилами і нормами влаштування, утримання загальноосвітніх навчальних закладів від 14.08.2001 року [1], у приміщеннях шкіл температура повітря в класах і кабінетах повинна бути не нижче 17-20 °С, в спортивному залі 15-17 °С, в роздягальнях при спортивному залі 19-23 °С, в актовому залі 17-20 °С, в бібліотеці 16-18 °С, в медичних кабінетах 21-23 °С.

Стандарти тримаються до перших морозів, потім температура тримається на 18 °С у найтепліших кабінетах. Цю проблему школа спробувала вирішити перевіряючи та замінивши систему опалення, але це не дало бажаних результатів.

Метою досліджень було провести енергоаудит гімназії №5, вибрати й обґрунтувати заходи для зниження енерговитрат. Завдання наукової роботи полягало в дослідженні та розрахунку заходів необхідних для зниження енерговитрат гімназії №5, м. Одеса, вул. Малиновського, 29-а. Предмет досліджень: втрати теплоти від споруди у навколишнє середовище. Методи досліджень: проводився літературний пошук та аналіз існуючих у світі заходів по зменшенню витрат енергії на опалення; проводилися безпосередні вимірювання розмірів гімназії, приміщень, товщини стіни та температури в приміщеннях.

Прилади, що використовувалися: тепловізор Testo 875-1 - професійний прилад для безконтактного виміру температури поверхні різних об'єктів або компонентів методом термографії в діапазоні від -20 до +280 °С; фотокамера Xiaomi Redmi 3S: 13 Мп. Використані у розрахунках дані: значення розмірів будівлі (довжина, ширина, висота та товщина усіх стін та стелі згідно з технічним паспортом гімназії); значення теплопровідності різних ізоляційних матеріалів; вартість різних ізоляційних матеріалів; вартість теплової енергії; норми ДНБ [2].

Більшість теплових втрат будинку непомітні неозброєним оком. Проявляють вони себе лише в підвищених витратах на опалення, про які споживач, звичайно, не підозрює. Як правило, це зайві теплові втрати. Вони з'являються в результаті неправильного використання опалювальних приладів, дефектів або інших конструктивних особливостей будинку. Єдиний спосіб довідатися про їхнє існування - виявити за допомогою тепловізора. Яскраві області на термограмі - місця великих витоків тепла через стіну. Тепловізійне дослідження будинку гімназії проводилося у світлий час доби 7 квітня 2017 року при температурі навколишнього повітря +1 °С. Стіни гімназії оштукатурені та пофарбовані. Відсутність теплової ізоляції стін зумовлює наднормові теплові втрати та теплові мости. У кутових приміщеннях фасаду на стиках (між ними) спостерігаються підвищені теплові втрати. Крім того, проведено діагностику внутрішніх приміщень, сходових прольотів та стелі. Таким чином визначено кількість теплоти, що втрачається безпосередньо від кожної огорожуючої конструкції. Визначено приведений термічний опір стіни як опір складної системи. Кінцевою метою розрахунку було визначення експлуатаційних витрат та строку окупності для різних типів ізоляційних матеріалів, які планується застосувати на об'єкті.

Знаючи температури внутрішньої й зовнішньої поверхні й вважаючи тепловий режим сталим визначено термічний опір стін. У результаті розрахунків одержано, що приведений термічний опір стін становить 0,838 (м<sup>2</sup>·К)/Вт, нормативне значення, згідно ДБН В.2.6-31:2006 - 3,3 (м<sup>2</sup>·К)/Вт. Наведений опір огорожуючої конструкції, не відповідає нормативним

показникам. Термічний опір теплової ізоляції визначено як різницю між нормативним термічним ( $R_{днб}$ ) опором і опором стінки ( $R_{ст}$ ). Температуру поверхні ізоляції ( $t_{ст2}$ ) визначаємо з рівності питомих теплових потоків.

Представлено графічну залежність експлуатаційних витрат (З, грн.) від часу експлуатації (τ, с) та визначено час експлуатації, починаючи з якого обраний тип теплової ізоляції буде економічно більш вигідним. Перетин графіків показує час, за який почне окупатися ізоляція.

Також розглянуто моделювання та розрахунок такої товщини ізоляції, коли різниця між економією при використанні ізоляції та витратами на неї буде максимальною. Варіювали товщину ізоляції. Задача розрахунку визначити максимум цільової функції і таким чином визначити товщину ізоляції при якій капітальні витрати на неї будуть мінімальні, а економія максимальна.

Отримали результат, згідно якого, найбільш вигідним буде утеплювати гімназію мінеральною ватою. При проведенні аудиту, було виявлено як проблемні ділянки школи, так і ті, що відповідають вимогам. Дуже гарний результат показав дах. Згідно розрахункам, це найбільш задовільна ділянка школи, яку якщо й утеплювати, то не більш ніж на 5.5 см, бо більше буде не вигідно. Базуючись на даних розрахунків, результатах моделювання та вимірюваннях, складено практичний проект, щодо зменшення витрат енергії для гімназії №5.

#### Література

1. ДСанПіН 5.5.2.008-01 «Державні санітарні правила і норми для загальноосвітніх навчальних закладів»
2. ДСТУ В.2.6.-31:2006 «Конструкція будівель і споруд Теплова ізоляція будівель»

Козловський О.С., магістрант (ОНАХТ, м. Одеса, Україна)

### ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ЖИТЛОВОГО ВИСОТНОГО БУДИНКУ ЗА АДРЕСОЮ ШАМΠΑНСЬКИЙ ПРОВУЛОК 2/1

Кожну зиму жильці дому стикаються с проблемами низьких температур у будівлі та великих рахунків ЖКХ. Згідно державно будівельних нормативів температура внутрішнього повітря повинна бути 22 °С. З настанням морозів температура у приміщеннях не перевищує 18 °С. Щоб рішити цю проблему жильці використовують кондиціонери та каміни для опалення приміщень, але це породжує нову проблему-великі рахунки за світло. Причина такої ситуації може бути у незадовільному стані огорожень будівлі, у низькому значенні термічного опору елементів будівлі. Більш за те, тепловий захист будівель в Україні за нормами нижче, ніж у розвинутих країнах (табл.1).

Першим етапом аналізу теплового стану будівлі є енергетичний аудит. Такий аудит проведено для житлового будинку із цегли, 2006 року зведення. Методика полягала в визначення температурної складової в системі приміщень і в навколишньому середовищі.

Таблиця 1

**Вимоги до опору теплопередачі огорожуючих конструкцій  
для нових будівель за кордоном та в Україні, м<sup>2</sup> · К / Вт**

Країна	Вид огорожі			
	стіни	вікна	перекриття	
			відвальні	горища
Великобританія	2.86	0.45-0.5	4.0	4.0-6.3
Німеччина	4.2	0.8	Немає даних	4.2-5.0
Голандія	3.3-5.0	0.4-0.7	3.3-5.0	2.5-5.0
Данія	3.3-5.0	0.7-1.0	5.0-10.0	5.0-10.0
Канада	3.3-5.6	0.5	4.4-4.7	4.9-5.2
Норвегія	5.6	0.8	Немає даних	7.7
США	0.9-3.1	0.15-0.5	2.8-6.3	5.0-6.8
Фінляндія	4.0	0.7	5.0	6.3
Швеція	5.0-10.0	0.7-1.0	5.0-10.0	5.0-10.0
Україна	2.8-3.3	0.6-0.75	3.3-3.75	4.5-4.95

Прилади, що використовувалися: тепловізор Flir TG165 - професійний прилад для безконтактного виміру температури поверхні різних об'єктів або компонентів методом термографії в діапазоні від Від -10 до 45 ° С ; фотокамера iPhone 5: 8 Мп, апертура f/2.2, розмір матриці 1/3 ", розмір пікселя – 1,5 мкм. Використані у розрахунках дані: значення розмірів будівлі (довжина, ширина, висота та товщина усіх стін та стелі згідно з технічним паспортом будинку); значення теплопровідності різних ізоляційних матеріалів; вартість різних ізоляційних матеріалів; вартість теплової енергії; норми ДНБ. Більшість теплових втрат будинку непомітні неозброєним поглядом. Проявляють вони себе лише в підвищених витратах на опалення, про які споживач звичайно не підозрює. Як правило, це зайві теплові втрати. Вони з'являються в результаті неправильного використання опалювальних приладів, дефектів або інших конструктивних особливостей будинку. Надійний спосіб довідатися про їхнє існування - виявити за допомогою тепловізора. Яскраві області на термограмі - місця великих витоків тепла через стіну. Тепловізійне дослідження будинку проводилося у світлий час доби 24 листопада 2017 року при температурі навколишнього повітря +4 °С. Необхідно відзначити, що в будинку вже проводяться роботи з утеплення фасаду будинку. Що було зафіксовано за допомогою фотозйомки й тепловізора. Таким чином визначено кількість теплоти, що втрачається безпосередньо від кожної огорожуючої конструкції. Визначено приведений термічний опір стіни як опір складної системи. Кінцевою метою розрахунку є визначення експлуатаційних витрат та строку окупності для різних типів ізоляційних матеріалів, які планується застосувати на об'єкті. На наступному етапі планується провести моделювання та розрахунок такої товщини ізоляції, коли різниця між економією при використанні ізоляції та витратами на неї буде максимальною. Задача розрахунку визначити максимум цільової функції і таким чином обґрунтувати товщину ізоляції при якій капітальні витрати на неї будуть мінімальні, а економія максимальна.

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ 1

#### ЕКОЛОГІЧНИЙ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

<b>Бурдо О.Г.</b> РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА .....	4
<b>Керш В.Я., Суханов В.Г.</b> ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЗДАНИЯХ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ .....	6
<b>Воїнова С.О., Воїнов О.П.</b> ВОЗДЕЙСТВИЕМ МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ НЕОБХОДИМО УПРАВЛЯТЬ .....	7
<b>Жихарсва Н.В.</b> ПРАКТИЧНЕ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ .....	8
<b>Бурдо О.Г., Мординський В.П., Светлічний П.І.</b> СТРАТЕГІЧНІ ЗАВДАННЯ ПО ВПРОВАДЖЕННЮ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПРОГРАМИ ОНАХТ .....	10
<b>Ватренко О.В.</b> ПОРІВНЯННЯ ПИТОМИХ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТАРИ .....	12
<b>Каламан О.Б.</b> ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЯК РЕЗУЛЬТАТ ЯКІСНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ВИНОГРАДАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ .....	13
<b>Давар Р. Пур, Бурдо О.Г.</b> ЕНЕРГЕТИЧНІ БАЛАНСИ ТЕХНОЛОГІЙ КОНЦЕНТРУВАННЯ .....	16
<b>Клімашенко Р.В., Яковлева О.Ю.</b> РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ І ОПАЛЕННЯ ЦЕНТРУ ОБРОБКИ ДАНИХ З УРАХУВАННЯМ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА ОТОЧУЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ В м. ОДЕСА .....	17

### СЕКЦІЯ 2

#### АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА

<b>Герхардт И., Герхардт А.</b> НОВЫЕ НЕМЕЦКИЕ ТЕХНОЛОГИИ «SOLVIS» В СИСТЕМАХ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОТОПЛЕНИЯ .....	20
<b>Перетяка С.Н.</b> КОМФОРТ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ .....	22
<b>Хоренжий Н.В., Перетяка С.М., Дстков Г.Г.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВІДХОДІВ КРУП'ЯНОГО ВИРОБНИЦТВА ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ БІОПАЛИВА .....	23

### **СЕКЦІЯ 3**

#### **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ**

<b>Бурдо О.Г., Мордынский В.П., Светличный П.И., Омар Санд Ахмед</b> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ВАКУУМНАЯ СУШИЛЬНАЯ УСТАНОВКА .....	25
<b>Жихарсва Н.В., Бабой Є.О.</b> ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО КОНДИЦІОНАННЯ ПОВІТРЯ ГРОМАДСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ .....	27
<b>Бурдо А.К., Альхури Юсеф, Величко В.П.</b> ИННОВАЦИОННАЯ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЯ ЭКСТРАГИРНОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФИТОПРЕПАРАТОВ .....	29
<b>Яровий І.І., Маренченко О.І.</b> ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ СОНЯШНИКА	30
<b>Орловська Ю. В., Трішин Ф.А.</b> ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ В НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ АПАРАТАХ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ .....	33
<b>Альхури Юсеф, Анапійчук Е.Ю., Величко В.П.</b> НОВІТНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ЕКСТРАКТІВ ШИПШИНИ ....	35
<b>Бурдо О.Г., Войтенко О.К., Омар С.А., Катасонов О.В.</b> НОВІТНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ЦИБУЛІ .....	36
<b>Бурдо О.Г., Гладушняк О.К., Кепін М.І.</b> ЛІНІЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДІВ .....	38
<b>Хомічук В.А., Усатенко Н.Ф.</b> СТАБІЛЬНІСТЬ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМІННИКІВ ПРИ КОПЧЕННІ М'ЯСОПРОДУКТІВ .....	39

### **СЕКЦІЯ 4**

#### **МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ**

<b>Зиков О.В.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЙ СЕЛЕКТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ДІЇ .	41
<b>Труханов В.С., Вігульський А.К., Стоянов П.Ф.</b> АНАЛІЗ КРИТЕРІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОПЕРЕЧНО-ОРЕБРЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ТЕПЛООБМІНУ ....	43
<b>Трач О.Р., Трішин Ф.А.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ПРИ ФОРМУВАННІ ЛЬОДОВОГО БЛОКУ .....	45
<b>Левтринська Ю.О., Терзісв С.Г., Зиков О.В.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА КОНЦЕНТРОВАНИХ ЕКСТРАКТІВ КАВИ .....	47
<b>Янаков В.П., Паляничка Н.А., Темников Г.Е.</b> ПРОЦЕССНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАМЕСА ТЕСТА .....	48

**Резниченко Т.А.**

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ РАСТВОРОВ В МИКРОВОЛНОВОМ ВАКУУМ-ВЫПАРНОМ АППАРАТЕ .....	50
--	----

### **СЕКЦІЯ 5**

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ**

<b>Афанасьєва А., Вечірко В., Патрашко М., Саїд Д.</b> ПОКРАЩЕННЯ СТРУКТУРИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЖИТЕЛІВ СЛОБІДКИ	53
<b>Милиничук Е.С., Копач С.А., Леонова Л.Ю.</b> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ .....	54
<b>Філінюк О.М., Блошенко Н.С., Коваль О.Є.</b> СВІТОВИЙ ДОСВІД ОТРИМАННЯ ЕНЕРГІЇ ЗІ СМІТТЯ ТА ВІДХОДІВ .....	56
<b>Величко В.П.</b> ІННОВАЦІЙНА ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЯ ЕКСТРАГУВАННЯ ІЗ ПЛОДІВ ШИПШИНИ .....	58
<b>Воронко О., Чабанюк В.</b> ЕНЕРГЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОДЕСЬКОЇ ГІМНАЗІЇ №5 ТА ЇЇ ТЕПЛОВА МОДЕРНІЗАЦІЯ .....	60
<b>Козловський О.С.</b> ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ЖИТЛОВОГО ВИСОТНОГО БУДИНКУ ЗА АДРЕСОЮ ШАМПАНСЬКИЙ ПРОВУЛОК 2/1 .....	62