

Objective. The aim of article is investigation of frozen ground meat cutting process using high velocity water stream and determination of its regularities.

Methods. Assigned tasks were decided with the help of experimental – statistical method of investigation of foodstuffs water cutting process using modern measuring devices and equipment. Processing of experimental data has been made by means of mathematical statistics methods. Data processing was carried out through the use of modern computer technologies.

Results. On the grounds of carried out investigations it can be stated that with increase of value of frozen ground meat yield point, depth of its cutting by water cutting is decreased in linear dependence.

Academic novelty. There was offered cutting method for hard foodstuffs, at the heart of which there is cutting using high velocity water stream. There has been studied cutting process of frozen ground meat with different physical and mechanical properties using high velocity water stream, taking into account geometrical, hydraulic and operating parameters of stream – forming nozzle which allowed founded determination of cutting depth. It was established that there is linear dependence between cutting depth and ground meat yield point, characterized by decreasing of cutting depth by yield point increase. There has been stipulated rational values range between stream – forming nozzle cut and hard foodstuff surface ($l_{\text{opt}}=(4-6)\cdot 10^{-3}$ m), by which maximum cutting depth is achieved.

Practical importance. Obtained results aimed at further investigations in this directions, and namely at carrying out of experiments in determination of influence of water pressure and diameter of stream – forming cut hole, quantity of high velocity water stream passes and speed of its displacement in relation to frozen ground meat sample on its cutting depth.

Key words: water cutting, water stream, frozen ground meat, yield point, distance from stream – forming nozzle cut.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук,
проф. Михайловим О.М.

Дата надходження рукопису 13.02.2013 р.

УДК 622.99:664

Єрьоменко Д.О., канд. техн. наук,
Лебедєв І.М., канд. техн. наук,
Корнійчук В.Г., канд. техн. наук

Донецький національний університет економіки
і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського,
м. Донецьк, Україна,
e-mail: eremenko.dmitry@mail.ru

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАРИ ВТОРИННОГО СКИПАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Yeryomenko D.O., Cand. Sci. (Tech.),
Lebedev I.N., Cand. Sci. (Tech.),
Korniychuk V.G., Cand. Sci. (Tech.)

Donetsk National University of Economics and Trade
named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Do-
netsk, Ukraine, e-mail: eremenko.dmitry@mail.ru

POSSIBILITIES OF USAGE OF FLASH VAPORIZATION STEAM ON FOOD INDUSTRY ENTERPRISES

Мета. Вирішення проблем підвищення енергоефективності на сьогоднішньому етапі, коли існує великий резерв маловитратних заходів, збігається з більшістю стратегічних цілей держави і господарюючих суб'єктів. Мета статті полягає в проведенні критичного

огляду проблеми марнотратства в питаннях використання вторинних енергетичних ресурсів на підприємствах харчової промисловості та пропонуванні можливих енергозаощадливих заходів корисного використання пари вторинного кипіння.

Методика. У процесі досліджень використано теоретичні методи дослідження інформаційних джерел з проблематики підвищення енергоефективності підприємств харчової промисловості та виконано критичний огляд енергозаощадливих заходів корисного використання вторинних енергетичних ресурсів.

Результати. На підставі проведених досліджень запропоновано схеми виділення та використання конденсату та вторинної пари в багатоступінчастому пароповітряному калорифері, парових радіаторах, а також схема подачі пари до незалежних споживачів.

Наукова новизна. Запропоновано схеми корисного використання пари вторинного кипіння, бо питання ефективного використання теплової енергії, зокрема енергії пари, є актуальним для всіх харчових підприємств.

Практична значущість. Незважаючи на те, що за останні кілька років багато підприємств було серйозно модернізовано, питома енергоємність харчової промисловості в цілому залишається вкрай низкою. Це стосується використання всіх без винятку видів теплової енергії, і, звичайно, такого теплоносія, як пара. Отримані результати спрямовані на розв'язання проблеми корисного використання теплової енергії пари вторинного кипіння для підвищення енергоефективності підприємств харчової промисловості.

Ключові слова: енергозбереження, харчова промисловість, вторинні енергетичні ресурси, вторинна пара, конденсат, конденсатовідвідник.

Постановка проблеми. Основним завданням кожного національного законодавства з енергозбереження й енергоефективності є створення сприятливих умов для раціонального використання енергоресурсів у місцевій і національній економіці, уникнення безпосереднього втручання в господарську діяльність суб'єктів господарювання. Для реалізації цього завдання насамперед необхідна діюча взаємопогоджена й прозора система нормативно-правових актів, які регулюють питання енергозбереження й енергоефективності в державі. Така система повинна містити правові норми, які б передбачали адекватне поєднання інструментів державного регулювання й заохочення суб'єктів господарювання та населення щодо ефективного використання енергоресурсів.

Зниження споживання енергоресурсів дозволяє забезпечувати підключення до них нових споживачів за мінімальних капітальних витрат на розвиток інфраструктури й знімає проблеми виділення земельних ділянок під нове будівництво об'єктів генерації, відчуження санітарно-захисних зон та ін., що в цілому позитивно позначається на містобудівному розвитку. Вирішення завдань підвищення енергоефективності на сьогоднішньому етапі, коли існує великий резерв маловитратних заходів, також збігається з більшістю стратегічних цілей держави й господарюючих суб'єктів.

Підприємства харчової промисловості є великими споживачами паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Тому проблема економії теплової й електричної енергії в харчовій промисловості є достатньо актуальною. Найбільш енергоємними є цукрове, масложирове, спиртове, овочесушильне та інші виробництва. Економія ПЕР може бути реалізована у двох напрямках. По-перше, за рахунок удосконалення технологічних процесів і апаратів (нових енергозберігаючих технологій), завдяки чому досягається підвищення ККД і знижується витрата палива й енергії. По-друге, за допомогою утилізації вторинних енергетичних ресурсів

(ВЕР), які неминуче виникають у більших обсягах, особливо в енергоємних виробництвах, за рахунок яких можна одержати 30-35% заощадження ПЕР [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У галузі впровадження енергозберігаючих технологій на підприємствах харчової промисловості є великі резерви, тому що, поряд з технологічним обладнанням, яке працює з коефіцієнтом корисної дії (ККД) 90% і вище, є велика кількість теплових установок з низьким ККД, яке в багатьох випадках не перевищує 30%. Ефективність використання тепла в більшості технологічних процесів харчової промисловості можна значно підвищити, причому капіталовкладень для цього буде потрібно істотно менше в порівнянні з необхідними для видобутку еквівалентної кількості палива.

Вітчизняний і закордонний досвід показує, що вартість енергії, зекономленої в результаті реконструкції, в 3-5 разів дешевша за енергію, одержувану під час проектування нового обладнання аналогічної продуктивності.

Незважаючи на те, що за останні кілька років багато підприємств було серйозно модернізовано, питома енергоємність харчової промисловості в цілому залишається вкрай низькою. Це стосується використання всіх без винятку видів теплової енергії і зазвичай такого теплоносія, як пара. Найчастіше питанням ефективного використання тепла пари й конденсату приділяється вкрай мало уваги. Причини цього можуть бути найрізноманітнішими, а тим часом, якщо пара на підприємстві використовується безпосередньо в технологічному процесі, то від ефективності роботи пароконденсатної системи може залежати не тільки якість продукції, що випускається, але й рентабельність усього виробництва [1].

Мета статті. Завдання нашої статті полягає в проведенні критичного огляду та пропонуванні енергозаощадливих заходів корисного використання пари вторинного скипання на підприємствах харчової промисловості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проходячи по території харчового підприємства, часто можна побачити дахи цехів і будинків, над якими в небо піднімається пара. Це йде пара з вентиляційних труб конденсатних баків. Питання ефективного використання теплової енергії, зокрема енергії пари, актуальне для всіх підприємств, тому давайте розберемося, як ця пара утворюється і яким чином вона може принести користь. Першим етапом використання насиченої водяної пари є її повна конденсація в теплообмінному обладнанні [1]. Саме під час конденсації пара віддає основну кількість тепла, яке в ній міститься, а саме, тепло паротворення. Забезпечити повну конденсацію пари й виключити пролітну пару дозволяють правильно підібрані й надійно працюючі конденсатовідвідники.

Конденсат являє собою воду з тією же температурою й тиском, що були в парі, з якої вона утворилася. Таким чином, конденсат містить досить велику кількість тепла, яке можна використовувати. Один зі способів рекуперації цього тепла заснований на ефекті скипання рідини за різкого падіння тиску. Частина конденсату при цьому скипає й перетворюється в пару, яку зазвичай називають парою вторинного скипання або вторинною парою. Вторинну пару можна відокремити від конденсату й використовувати як звичайну пару низького тиску. Кожний використаний кілограм пари вторинного скипання – це зекономлений кілограм пари, яку повинен був би виробити котел у випадку викидання вто-

ринної пари в атмосферу. Рекуперація пари вторинного скипання виправдана як з економічної точки зору, так і з погляду скорочення викидів тепла в навколишнє середовище. Кількість вторинної пари, що утворюється, залежить від різниці тиску між зонами високого й низького тиску. Її можна знайти шляхом розрахунків [2; 3].

Для відділення вторинної пари можна використовувати вертикальні сепаратори [1]. Суміш вторинної пари й конденсату, потрапляючи в сепаратор, розділяється. Конденсат під дією гравітації накопичується в нижній частині сепаратора, звідки потім зливається в атмосферний конденсатний бак і далі перекачується насосом назад у котельню. Вторинна пара з верхньої частини сепаратора надходить до споживачів. Для нормальної роботи сепаратора вторинної пари необхідно, щоб швидкість вторинної пари усередині корпусу сепаратора не перевищувала 3 м/с.

Необхідні й достатні умови для успішної рекуперації пари вторинного скипання такі:

- для забезпечення споживачів достатньою кількістю вторинної пари витрата конденсату високого тиску має бути постійною і стабільною;
- теплообмінне обладнання й конденсатовідвідники повинні нормально працювати за протитиску, що існує в сепараторі вторинної пари;
- не рекомендується як джерело конденсату високого тиску застосовувати обладнання, витрата пари на якому змінюється в широких межах, наприклад, пароводяний теплообмінник системи гарячого водопостачання. У випадку зниження теплового навантаження, тобто витрати пари, кількість одержуваної вторинної пари також зменшиться;
- важливо, щоб потреба в парі низького тиску була рівною або перевищувала можливості утворення вторинної пари. Будь-який дефіцит вторинної пари може бути легко компенсований підживленням пари високого тиску. Надлишки ж вторинної пари прийдеться скидати в атмосферу через спеціальний клапан;
- одним із традиційних напрямків застосування вторинної пари є опалення цехів і виробничих приміщень за допомогою пароповітряних калориферів. Однак це є актуальним тільки в опалювальний період, а в теплу пору року гостро постає питання використання вторинної пари. Переважним, якщо це, звичайно, можливо, є так зване послідовне використання вторинної пари в тому ж технологічному процесі, від якого був відведений конденсат високого тиску для одержання цієї вторинної пари;
- ще одним істотним моментом може стати наявність споживача вторинної пари поблизу джерела конденсату високого тиску, тому що транспортування пари низького тиску на велику відстань є проблематичним. Для цього будуть потрібні трубопроводи великого діаметра, що може зробити економічно не виправданим утилізацію вторинної пари взагалі.

На рисунку 1 наведено схему використання вторинної пари в багатоступінчастому пароповітряному калорифері. Конденсат високого тиску від трьох останніх секцій калорифера відводиться в сепаратор. Вторинна пара від сепаратора надходить на першу секцію калорифера, який відіграє роль секції попереднього підігрівання холодного повітря. Значна поверхня теплообміну цієї секції

разом з низькою температурою холодного повітря на вході в секцію забезпечать швидку й повну конденсацію вторинної пари низького тиску.

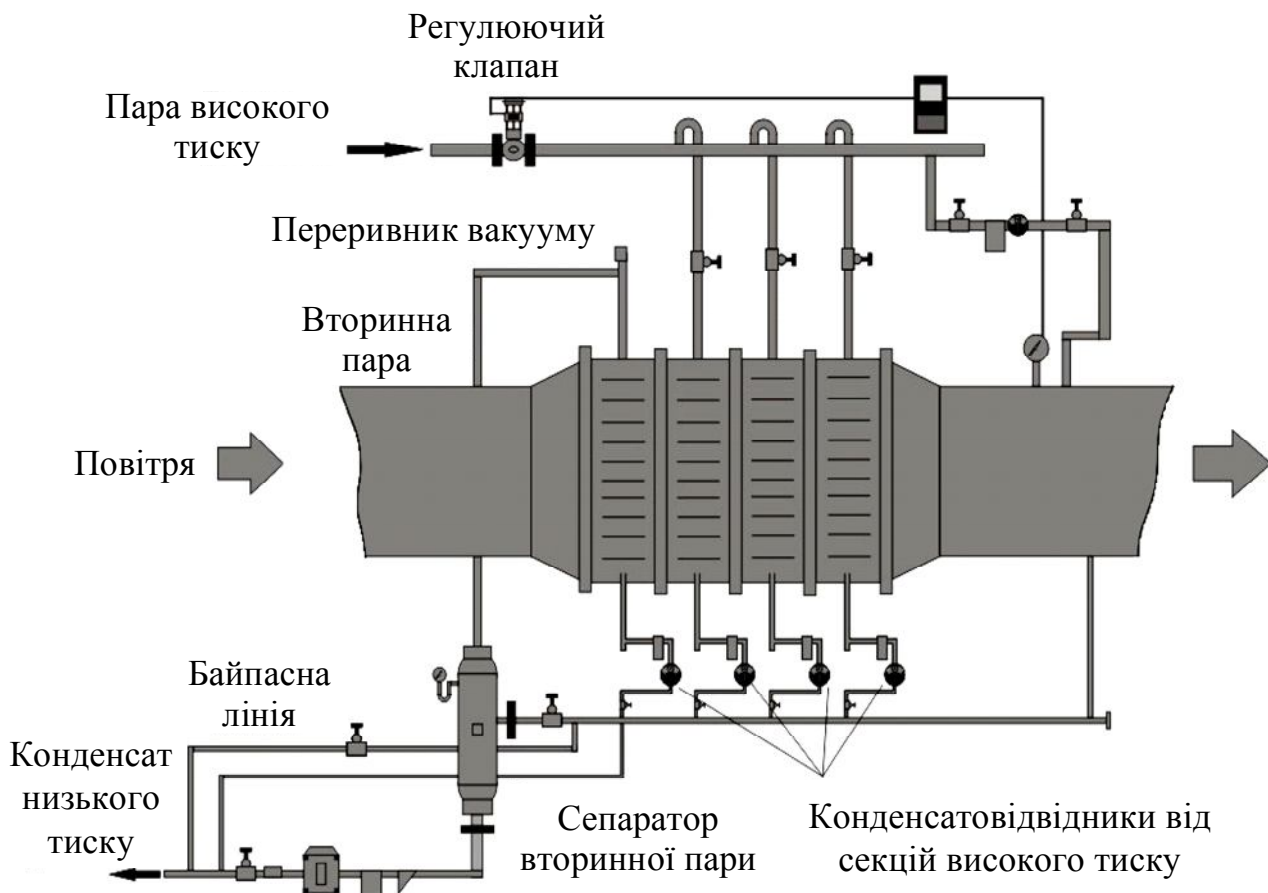


Рисунок 1 – Багатоступінчастий пароповітряний калорифер

Залежно від температури повітря на вході в калорифер тиск конденсації вторинної пари усередині секції попереднього підігрівання може виявитися дуже низьким, аж до вакууму. Тому, якщо можливо, сепаратор вторинної пари разом з конденсатовідвідником треба розташовувати якнайнижче щодо калорифера. Це забезпечить додатковий гідростатичний підпір конденсату для його продавлювання через конденсатовідвідник. У тому випадку, якщо опустити сепаратор досить низько не вдається, для відводу конденсату від сепаратора може знадобитися використання перекачувального конденсатовідвідника, здатного видалити конденсат від калорифера на будь-яких режимах його роботи, у тому числі й з-під вакууму.

Якщо конденсація вторинної пари буде відбуватися за тиску, нижчому за атмосферний, не зайвою буде установка переривника вакууму, що розташовується на паропроводі безпосередньо перед калорифером. Це зможе запобігти виникненню в секції попереднього підігрівання розрядження й забезпечить задовільний відвід конденсату під дією гравітації. Послідовне використання вторинної пари дозволяє найбільш повно утилізувати тепло пари.

На рисунку 2 подано схему використання парових радіаторів, застосовуваних для опалення.

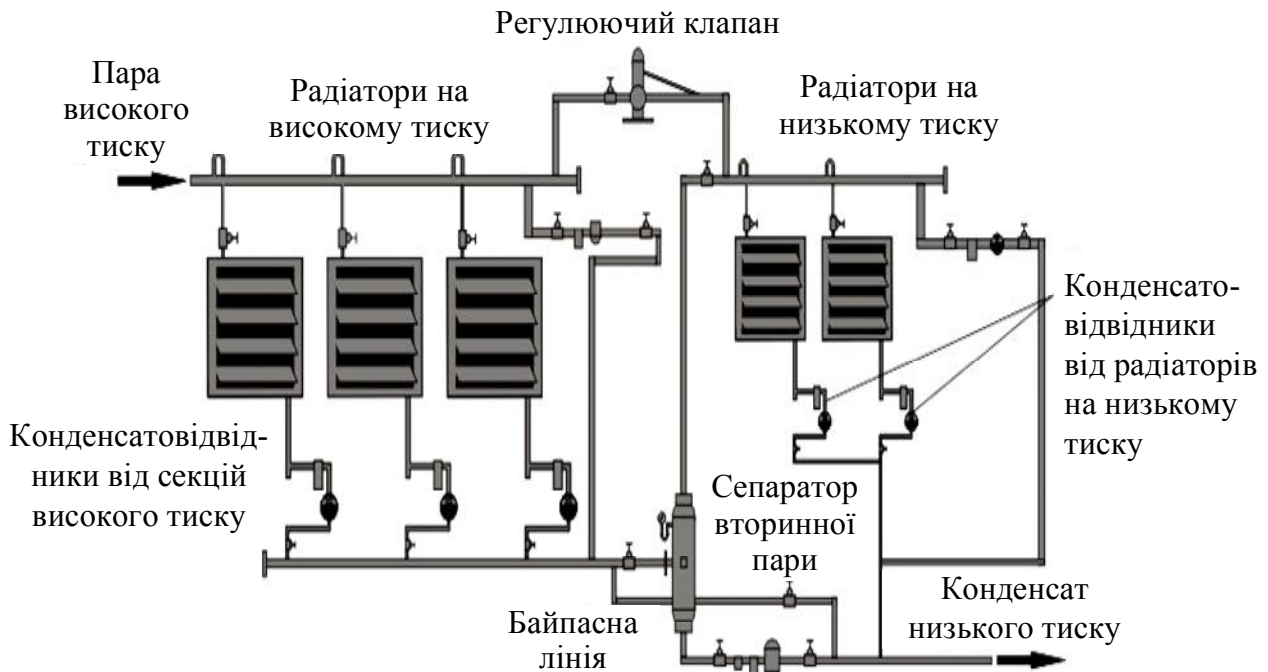


Рисунок 2 – Схема використання парових радіаторів

Пара високого тиску подається приблизно до 90% радіаторів, конденсат від яких відводиться в сепаратор вторинної пари. Вторинна пара постачається на інші 10% радіаторів.

Трапляється, що кількість вторинної пари недостатня, наприклад, для двох радіаторів, але для одного радіатора її занадто багато. У цьому випадку буде вигідніше встановити два радіатори й додатково постачати їм пару високого тиску, ніж викидати надлишки вторинної пари в атмосферу.

На рисунку 3 наведено схему, в якій вторинна пара використовується для подачі незалежним споживачам. Джерелом вторинної пари є конденсат, що надходить у сепаратор від трьох варильних котлів і дренажу конденсатопроводу високого тиску. Однак він не може використовуватися для підігрівання ще одного варильного котла просто через його відсутність або занадто низький тиск вторинної пари. Тому він використовується на постачання споживачів низького тиску, наприклад, для радіаторів опалення. Якщо є надлишки вторинної пари, то скидання її в атмосферу рекомендується здійснювати не через звичайний запобіжний клапан, а через клапан, що підтримує тиск «до себе».

Пружинний запобіжний клапан не призначений для роботи в умовах частих спрацьовувань, це може призвести до швидкого зношування пари «дисксідло» і як наслідок до витоків пари. Проте використання клапана, що підтримує тиск «до себе», не виключає установку запобіжного клапана на сепараторі. Він відіграє роль захисного пристрою й налаштовується на середній тиск між тиском налаштування клапана, що підтримує тиск «до себе» і робочим тиском парової системи. У деяких випадках, наприклад, коли в літню пору необхідність у вторинній парі мала або відсутня зовсім, можна встановити ручний запірний клапан в обвід сепаратора й спрямовувати суміш конденсату й вторинної пари прямо у вентильований в атмосферу конденсатний бак (байпасний клапан на рисунку не показаний).

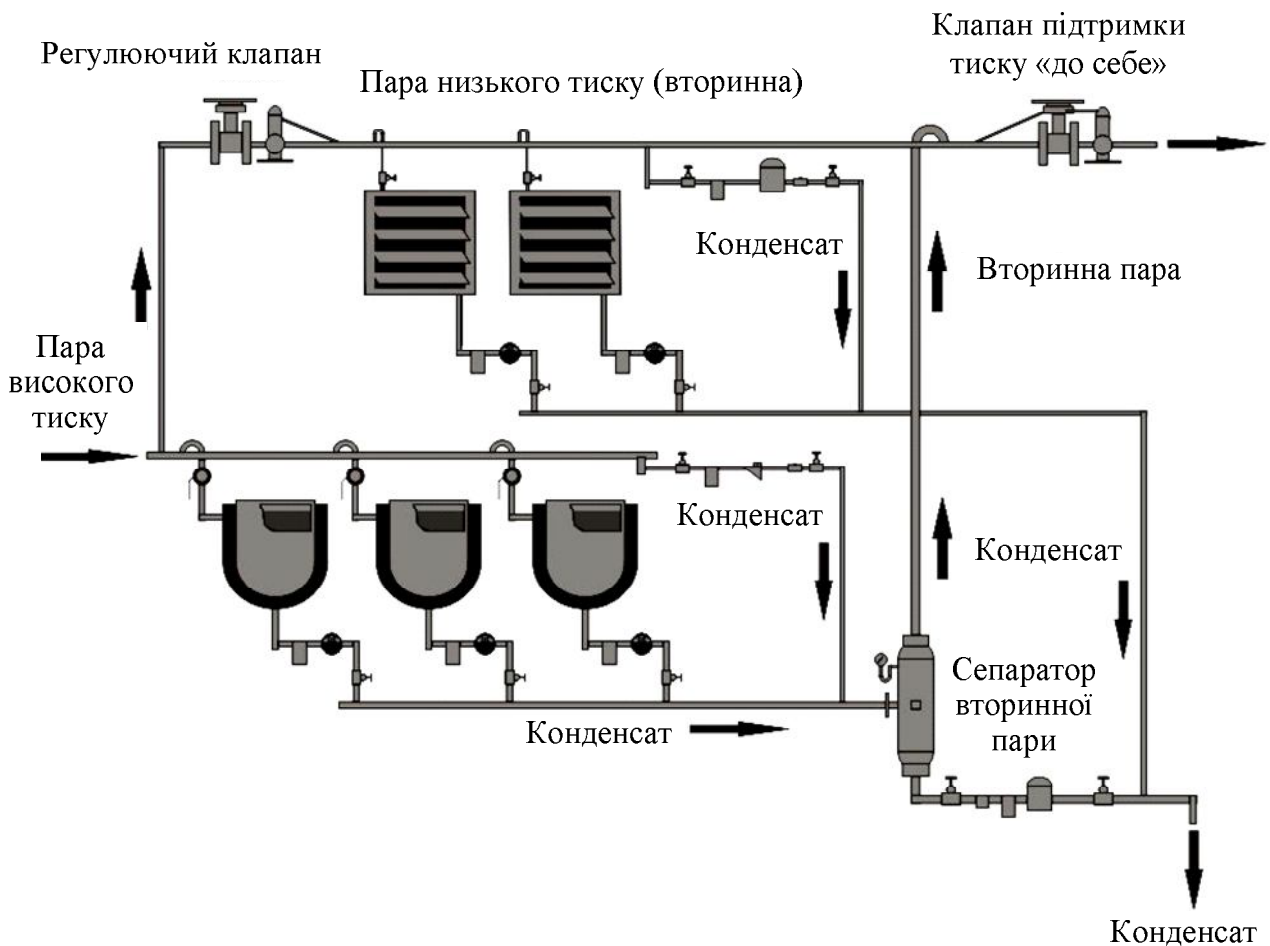


Рисунок 3 – Подача пари незалежним споживачам

Висновки. Таким чином, вторинна пара:

- утворюється під час влучення гарячого конденсату в зону зниженого тиску;
- має досить значну тепломісткість;
- завжди має більш низькі параметри, ніж конденсат, з якого вона утворилася;
- її можливо утилізувати за наявності споживачів пари низьких параметрів, а також розташуванні джерел вторинної пари поблизу від споживачів.

Список літератури / References:

1. Амерханов Р.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности / Р.А. Амерханов, Е.Е. Новгородский, Е.А. Штокман. – М.: АСВ, 2001. – 564 с.
Amerkhanov, R.A., Novgorodsky, Ye.Ye. and Shtokman, Ye.A. (2001), *Ventilyatsiya, konditsionirovanie i ochistka vozduha na predpriyatiyah pischevoy promyshlennosti* [Ventilation, conditioning and air cleaning on food industry enterprises], АСВ, Moscow, Russia.
2. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов / О.Л. Данилов, А.Б. Гаряев, И.В. Яковлев [и др.]; под ред. А.В. Клименко. – 2-е изд., стер. – М.: Изд. дом МЭИ, 2011. – 424 с.

Danilov, O.L., Garyayev, A.B., Yakovlev, I.V. (and others); edited by Klimenko, A.V. (2011), *Energoberezhenie v teploenergetike i teplotekhnologiyah: uchebnyk dlya vuzov* [Energy saving in heat power engineering and heat technologies: textbook for HEI], Publishing house MEI, Moscow, Russia.

3. Єрмоєнко Д.О. Основи енергозбереження у галузі харчових виробництв: навч. посібник / Д.О. Єрмоєнко, І.М. Заплетніков. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2012. – 260 с.

Yeriyomenko, D.O. and Zapletnikov, I.M. (2012), *Osnovy energozberezhennya u galuzi harchovyh vyrobnytstv: navch. posibnyk* [Basis of energy saving in sphere of food production: (study guide)], DonNUET, Donetsk, Ukraine.

Цель. Решение задач повышения энергоэффективности на сегодняшнем этапе, когда существует большой резерв малозатратных мероприятий, также совпадает с большинством стратегических целей государства и хозяйствующих субъектов. Цель статьи заключается в проведении критического обзора проблемы расточительства в вопросах использования вторичных энергетических ресурсов на предприятиях пищевой промышленности и предложении энергосберегающих мероприятий полезного использования пара вторичного вскипания.

Методика. В процессе исследований использованы теоретические методы исследования информационных источников по проблематике повышения энергоэффективности предприятий пищевой промышленности, выполнен критический обзор энергосберегающих мероприятий полезного использования вторичных энергетических ресурсов.

Результаты. На основании проведенных исследований предложены схемы выделения и использования конденсата и вторичного пара в многоступенчатом паровоздушном калорифере, паровых радиаторах, а также схема подачи пара к независимым потребителям.

Научная новизна. Предложены схемы полезного использования пара вторичного вскипания, поскольку вопросы эффективного использования тепловой энергии пара актуальны для всех пищевых предприятий.

Практическая значимость. Несмотря на то, что за последние несколько лет многие предприятия были серьезно модернизированы, удельная энергоемкость пищевой промышленности в целом остается очень низкой. Это относится к использованию всех без исключения видов тепловой энергии, и, конечно, такого теплоносителя, как пар. Полученные результаты направлены на решение такой проблемы, как полезное использование тепловой энергии пара вторичного вскипания для повышения энергоэффективности предприятий пищевой промышленности.

Ключевые слова: энергосбережение, пищевая промышленность, вторичные энергетические ресурсы, вторичный пар, конденсат, конденсатоотводчик.

Objective. Solving of tasks of energy efficiency today's stage, when there are big reserve of low-cost measures, also coincides with majority of strategic aims of state and business entities. Aim of article is to carry out critical examination of problem of squandering in questions of usage secondary power resources at the food industry enterprises and to offer energy conservation techniques of effective usage of flash vaporization steam on food industry enterprises.

Methods. In course of investigations there were used theoretical methods of information sources investigation in problems of increasing of food industry enterprises energy efficiency and there was carried out critical examination of energy conservation techniques of effective usage of secondary energy resources.

Results. On the grounds of made investigations there were offered schemes of separation and usage of condensate and secondary steam in multi-stage air-steam heater, steam radiators and steam supply to independent consumers.

Academic novelty. There were offered schemes of effective usage of flash vaporization steam.

Practical importance. Notwithstanding that during last years many enterprises were seriously modernized, food industry energy density remains in general very low. It refers to usage of one and all types of heat energy, and of course of such heat carrier as steam. Received results are focused on solving of such problem as effective usage of heat energy of flash vaporization steam for increasing of food industry enterprises energy efficiency.

Key words: energy conservation, food industry, secondary energy resources, secondary steam, condensate, condensate extractor.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук,
проф. Михайловим О.М.

Дата надходження рукопису 01.02.2013 р.

УДК 664.83.047.8

Жданов І.В., канд. техн. наук

Донецький національний університет економіки
і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського,
м. Донецьк, Україна, e-mail: lateralius2@mail.ru

АЕРОДИНАМІКА СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З ВІДЦЕНТРОВИМ КИПЛЯЧИМ ШАРОМ МАТЕРІАЛУ

Zhdanov I.V., Cand. Sci. (Tech.)

Donetsk National University of Economics and
Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky,
Donetsk, Ukraine, e-mail: lateralius2@mail.ru

AERODYNAMICS OF THE DRYER WITH A CENTRIFUGAL FLUIDIZED BED

Статтю присвячено дослідженням особливостей аеродинаміки нового перспективного способу сушіння у відцентровому киплячому шарі, який добре зарекомендував себе за умови обезводнювання ряду рослинних продуктів, зокрема картоплі, моркви, буряку та топінамбура.

Метою статті є експериментальне дослідження втрат тиску повітря в сушильній камері з відцентровим киплячим шаром залежно від робочих параметрів (швидкості повітря, коефіцієнта заповнення камери продуктом, розмірів частинок продукту) та математична обробка отриманих результатів.

Методика. Математичні моделі складені у вигляді рівнянь регресії, які отримані за допомогою методу найменших квадратів. Адекватність математичних моделей перевірена критерієм Фішера, тіснота зв'язку експериментальних і розрахункових даних – коефіцієнтом кореляції, значущість коефіцієнтів регресії – критерієм Стьюдента. Експериментальні значення втрат тиску отримані на лабораторній установці, принципова схема якої наведена в роботі.

Результати. Створено математичні моделі, які описують зв'язок коефіцієнтів місцевого опору сушильної камери та перфорованого барабана з числом Фруда, а також зв'язок втрат тиску повітря внаслідок опору шару продукту зі швидкістю повітря, коефіцієнтом заповнення барабана продуктом і розмірами частинок. На основі аналізу значущості