УДК 66.01.011

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

The New Approach to the Technological Parameters
Rationalization of the Heat-Exchange Equipment

Хабаров С.Н., Шихалев С.В., Решетников И.Ф.
Khabarov S.N., Shikhalev S.V., Reshetnikov I.F.

Реферат

В статье рассмотрены обобщенные способы повышения эффективности процесса разогрева пищеварочных котлов. Установлена необходимость операции продувки рубашечного пространства пищеварочных котлов. Показано, что присутствие воздуха в рубашке аппарата приводит к увеличению длительности процесса разогрева пищеварочных котлов, возрастанию теплопотерь аппарата и ухудшению микроклимата в зоне обслуживания котла. Представленные сведения проиллюстрированы графическими зависимостями времени разогрева пищеварочного котла, концентрации воздуха в рубашечном пространстве от продолжительности продувки аппарата. Конструкции механических и электромеханических устройств автоматической герметизации рубашечных полостей аппаратов охарактеризованы как один из способов удаления воздуха из рубашки пищеварочных котлов. Подробно рассмотрены особенности работы и эксплуатации котлов с такими устройствами, их электрические схемы. Приведена перспективная конструкция рубашки котла с установленной в ней эластичной мембраной, разделяющей греющий пар от воздуха. Новое техническое решение позволяет сохранить промежуточный теплоноситель в парогенераторе, тем самым исключая потери количества теплоты с выбросом пара в окружающую среду, устранить коррозию корпуса рубашки, не контактирующего с греющим паром, обеспечивает отсутствие накипеобразования на поверхности электронагревателей, увеличивает срок службы аппарата, не требует установки двойного предохранительного клапана. Установлено, что использование автоматических устройств герметизации позволяет сократить продолжительность разогрева аппаратов на 3–5 %, уменьшить его тепловые потери до 15 %, улучшить производственные условия работы обслуживающего персонала.

Abstract

The scientific paper reveals the generalized efficiency pattern of the outer jacket sealing procedure. Blowing procedure necessity of the steamer outer jacket sealing is determined. The air presence in the device outer jacket is shown to lead to the increase in the steamer heating process duration, the rise of the device heatloss and the microclimate deterioration in the steamer service zone. Provided data are illustrated by the graphical device blowing period dependences on the steamer heating time and air concentration in the outer jacket purge duration. Mechanical and electromechanical devices model of the automatic outer jacket sealing as one of the methods to remove air from the outer jacket steamer is provided. Operating and maintaining peculiarities for such devices and its electric circuits are scrutinized. The perspective model of the steamer outer jacket with the fixed elastic membrane in it that divides the heating steam from the air is given. New technical solution allows to keep the intermediate heat carrier in the steam generator, thereby excepting heat losses with the steam emission to the environment, to eliminate

Ключевые слова:

*пищеварочный котел;
автоматизация;
клапаны
механические;
герметизация
рубашки*

Keywords:

*steamer;
automation;
motor operated valve;
outer jacket sealing*

corrosion of the outer jacket assembly that doesn't contact with the heating steam, to provide a lack of the scaling on the heater surface, to increase device service lifetime. The solution doesn't require the double safety valve installation. The use of sealing automatic devices allows to reduce the device heat duration period by 3-5%, to reduce its heat losses by 15%, to improve staff operating conditions are determined.

Пищеварочные котлы с электрическим обогревом широко используются на предприятиях общественного питания для приготовления супов, бульонов, каш, муссов, соусов, компотов, картофельного пюре, кипячения воды, молока и т. п. [2; 5; 8]. Как правило, работа таких аппаратов состоит из двух последовательно протекающих тепловых процессов – разогрева и варки продуктов. При этом режим разогрева пищеварочных котлов играет определяющую роль при тепловой обработке продуктов, оказывая влияние на длительность процесса приготовления и пищевую ценность готовой продукции. Связано это, прежде всего, с процедурой удаления воздуха из рубашечного пространства котла.

Как известно [5], пищеварочные котлы состоят из варочной емкости для тепловой обработки продуктов 1 и окружающей ее паровой рубашки 2 (рис. 1).

Присутствие воздуха в паровой полости нежелательно [1; 4; 6], поэтому правила эксплуатации пищеварочных котлов предусматривают процедуру его продувки из рубашки. Однако такая операция зачастую производится вручную, и ее качество зависит от таких субъективных факторов, как внимание и квалификация обслуживающего персонала.

Момент окончания продувки определяется визуально по интенсивности выхода пара из продувочных устройств.

Рис. 1. Принципиальная схема пищеварочного котла на электрическом обогреве:

1 – варочная емкость; 2 – паровая рубашка

Оптимальная продолжительность удаления воздуха из рубашки котла номинальной вместимостью 60 л составляет 36 мин [7] (рис. 2).

Любое отклонение от экстремальной точки графика по оси абсцисс вызывает увеличение времени разогрева котла. Кроме того, уменьшение продолжительности продувки приводит к многократному срабатыванию электроконтактного манометра (ЭКМ), служащего для контроля давления в паровой рубашке, что также нежелательно. Опыты показали, что двойное переключение ЭКМ наблюдается уже на 31 мин разогрева аппарата, а по мере дальнейшего уменьшения продолжительности продувки число двойных срабатываний ЭКМ учащается.

Увеличение же времени продувки относительно оптимальной ее продолжительности приводит к выбросу пара в атмосферу, что ведет к возрастанию теплопотерь аппарата и ухудшению микроклимата в зоне обслуживания котла.

Во избежание вышеизложенных отрицательных явлений момент окончания удаления воздуха из рубашки следует четко фиксировать, чего можно достичь только с помощью автоматических устройств, реагирующих на характерные для этого момента физические параметры. Такими параметрами, в частности, могут служить температура, электросопротивление и диэлектрическая проницаемость паровоздушной смеси на выходе ее из паровой рубашки.

Рис. 2. Зависимость продолжительности продувки от времени разогрева пищеварочного котла номинальной вместимостью 60 л

Рис. 3. Концентрация воздуха в рубашке котла номинальной вместимостью 60 л при его разогреве

При включении котла образующийся в генераторе пар постепенно вытесняет воздух в верхнюю часть рубашки, откуда в дальнейшем поступает в отводящую линию. Средняя концентрация воздуха в рубашке при этом уменьшается, однако в области выходного отверстия, находящегося в верхней зоне рубашки, наблюдается практически чистый воздух. В заключительный период продувки электросопротивление такого воздуха резко возрастает, изменяет показания приборов, что и является базой для разработки и настройки соответствующих продувочных устройств. Характер изменения воздухоудержания в рубашке котла представлен на рис. 3.

Как видим, опытные данные работы [7] образуют кривую, приближающуюся к оси абсцисс в конце продувки, однако, как показали многократные повторения опыта, никогда ее не достигают. Поэтому одним из путей решения задачи автоматического удаления воздуха из паровой полости варочного аппарата является использование в конструкции рубашки механических клапанов.

В работе [7] приведена конструкция воздушно-вакуумного клапана, схематично изображенного на рис. 4.

Основными элементами клапана являются корпус 2, в который свободно помещен стакан 1, и воронка 3, устанавливаемая на резьбе.

При включении котла вытесняемый из рубашки воздух через основание корпуса 7 и отверстия 6 поступает в зазор между стаканом 1 и корпусом 2, откуда через отверстие в седле 4 удаляется в атмосферу.

Рис. 4. Принципиальная схема воздушно-вакуумного клапана:

- 1 – стакан; 2 – корпус; 3 – воронка; 4 – седло клапана;
5 – резиновая прокладка;
6 – отверстия; 7 – основание корпусов

В момент интенсивного выхода пара скорость потока над резиновой прокладкой 5 при входе в седло 4 резко увеличивается, что вызывает заметный прирост перепада давлений на нижнюю и верхнюю поверхности стакана. Подъемная сила достигает заданной величины, и клапан моментально срабатывает, т. е. стакан через резиновую прокладку плотно прижимается к седлу, отсекая рубашку от атмосферы. Давление в паровой полости начинает повышаться.

Необходимую продолжительность продувки можно получить с помощью набора стаканов с определенной массой, однако более тонкая настройка осуществляется посредством изменения скорости потока над верхней поверхностью стакана путем изменения величины зазора между седлом и резиновой прокладкой.

При образовании вакуума в паровой полости стакан под действием силы тяжести и барометрического давления возвращается в нижнее исходное положение, пропуская в рубашку атмосферный воздух.

Воду в парогенератор заливают через воронку 3, в которой, как и в обычной воронке, устанавливают фильтрующую сетку.

При всей простоте конструкции данное устройство обеспечивает автоматическую герметизацию рубашки и совмещает в себе заливную воронку, вакуумный и воздушный (продувочный) клапаны.

В основу предохранительного устройства (рис. 5) положена конструкция паровоздушного клапана от закрытых систем охлаждения автомобилей, дополнительно включающая паровой предохранительный клапан [7].

Принцип работы предохранительного клапана состоит в следующем. Выпустив воздух из рубашки, воздушно-вакуумный клапан 1 автоматически ее герметизирует, но при росте давления в паровой полости выше допустимого срабатывает паровой предохранительный клапан 2, который, преодолев сопротивление пружины 3, вместе с прижатым к нему клапаном 1 поднимается относительно своего седла в корпусе 8 и сбрасывает излишки пара через воронку 5.

Сила прижатия пружины регулируется благодаря резьбовому соединению указанной воронки и корпуса 8. Подрыв клапана осуществляется с помощью кольца 6 перед включением котла.

Конструкция клапана позволяет осуществлять:

- настройку продувочного клапана на время срабатывания, что обеспечивает его унификацию для всех типов котлов;
- регулировку усилия прижатия пружины, что компенсирует ее старение;
- подрыв парового клапана во избежание его прикипания к седлу;
- залив воды в парогенератор без вскрытия клапана, который пломбируется, предотвращая его разборку лицами, не относящимися к ремонтной организации.

Рис. 5. Принципиальная схема двойного предохранительного клапана:

1 – воздушно-вакуумный клапан; 2 – паровой клапан; 3 – пружина; 4 – втулка;
5 – воронка; 6 – подрывное кольцо; 7, 10 – контргайки; 8 – корпус; 9 – болт

Рис. 6. Пищеварочный котел с емкостным датчиком:

1 – корпус; 2 – изоляция; 3 – варочный сосуд; 4 – крышка; 5 – рубашка; 6 – ТЭНы; 7 – кран уровня; 8 – заливная воронка; 9 – манометр; 10 – автоматический блок удаления воздуха; 11 – емкостной датчик; 12 – патрубок отводящий; 13 – горловина

Альтернативой механическим устройствам автоматического удаления воздуха из паровой полости варочного аппарата являются электро-механические системы автоматической герметизации паровой рубашки.

В качестве сигнализаторов окончания процесса продувки схемы могут быть использованы терморезисторы [7], фоторезисторы, тензорезисторы, емкостные датчики [9], функционально связанные с концентрацией воздуха на выходе рубашки.

Представленный в работе [9] блок автоматического удаления воздуха из рубашки состоит из емкостного датчика 11, установленного диаметрально противоположно на патрубке удаления воздуха 12 в горловине 13, соленоидного клапана Y, электромагнитного реле K1 (рис. 6).

После заполнения корпуса 1 рабочей жидкостью через заливную воронку 8 до нормы кран уровня 7 закрывается, и включаются трубчатые нагреватели 6. По мере нагревания и испарения теплоносителя его пары заполняют пароводяную рубашку 5, вытесняя из нее воздух, и отдают скрытую теплоту парообразования варочному сосуду 3. После этого начинается тепловая обработка содержимого варочного сосуда. Выпустив воздух из рубашки, блок 10 автоматически ее герметизирует. Принцип работы блока герметизации рубашки поясняется на рис. 7.

В момент включения котла соленоидный клапан Y открывается, обеспечивая свободный выход воздуха из паровой рубашки. После удаления воздуха из рубашки в отводящей линии появляется практически чистый пар, диэлектрическая проницаемость которого отличается от воздушной среды. В этот момент срабатывают емкостной датчик A1, параметры которого на-

строены на свойства среды, близкие к чистому пару, и реле K1. Контакты реле K1.1 размыкаются, и соленоидный клапан Y закрывается, автоматически герметизируя рубашку котла. Для стабильности работы блока в схеме предусмотрена автоблокировка датчика с помощью контактов K1.2, которые подключают электромагнитное реле в момент его срабатывания.

Использование автоматических систем герметизации рубашечного пространства пищеварочных котлов позволяет установить оптимальную продолжительность продувки паровой полости.

Однако при разработке новых образцов варочных аппаратов с паровыми рубашками создание герметичных рубашек без присутствия воздуха служит естественной предпосылкой повышения эффективности работы аппаратов.

Перспективным [3] является размещение в кольцевом пространстве между стенкой корпуса 1 и стенкой варочного сосуда 3 эластичной паронепроницаемой мембраны 8, прикрепленной своей верхней частью с помощью фланцевых соединений к варочному сосуду 3 и корпусу 1, а нижней – к парогенератору 6 (рис. 8).

Рис. 7. Схема подключения блока герметизации рубашки котла

Мембрана 8 одной стороной вплотную прилегает к варочному сосуду, а другой образует воздушную полость с корпусом 1, сообщаемую с атмосферой посредством отверстия с мелкопористой сеткой 9. Мембрана обладает следующими характеристиками: температурный диапазон работы – от -60 до $+230$ °С; условная прочность – 9 МПа; удлинение – до 600 %; толщина – 1 мм¹.

После заполнения парогенератора 6 рабочей жидкостью через заливную воронку 13 до нормы кран уровня 7 и заливной кран 14 закрываются. При этом практически полностью удаляется остаточный воздух из парогенератора 6 через капиллярную трубку крана уровня 7. Вступают в работу трубчатые нагреватели парогенератора 6. По мере нагревания и испарения теплоносителя его пары отжимают мембрану 8 от поверхности варочного сосуда 3 и заполняют образовавшуюся полость, отдавая при этом скрытую теплоту парообразования стенкам сосуда 3. Расширившись, мембрана 8 прижимается к стенкам корпуса 1, вытесняя воздух из рубашечного пространства через отверстие 9 в атмосферу, причем выходящий из рубашечного пространства воздух не соприкасается с паром. После начинается тепловая обработка содержимого варочного сосуда. При выключении котла и его охлаждении в полости между варочным сосудом 3 и эластичной мембраной 8 образуется разрежение за счет

конденсации пара, в результате чего мембрана 8 вплотную прижимается к варочному сосуду. При последующем цикле работы пищеварочный котел не требует пополнения промежуточного теплоносителя, т. е. котел будет работать в герметичном режиме.

Установка в рубашечном пространстве котла эластичной мембраны, разделяющей греющий пар от воздуха, обеспечивает сохранение промежуточного теплоносителя в парогенераторе, тем самым исключая потери количества теплоты с выбросом пара в окружающую среду и сокращая время разогрева пищеварочного котла на 14 % [3]. Кроме того, такая конструкция пищеварочного котла, работающего в герметичном режиме, исключает коррозию корпуса рубашки, не контактирующего с греющим паром, обеспечивает отсутствие накипобразования на поверхности электронагревателей, увеличивая срок службы аппарата, не требует установки двойного предохранительного клапана, снижает трудозатраты обслуживающего персонала.

Использование различных способов герметизации рубашечного пространства пищеварочных котлов в целом позволяет сократить продолжительность разогрева аппаратов на 3–5 %, уменьшить его тепловые потери до 15 %, улучшить производственные условия работы обслуживающего персонала.

¹Компания «Форвард-Комплект» [Электронный ресурс]. URL: // <http://forkom.ru> URL: http://forkom.ru/catalog/silikon/silikonovie_membrani/?post_id=199.

Рис. 8. Котел пищеварочный с эластичной мембраной

Библиографический список

1. Берман Л.Д. Обобщение опытных данных по тепло- и массообмену при конденсации пара в присутствии неконденсирующегося газа // Теплофизика высоких температур. 1972. № 3. С. 587–594.
2. Кирпичников В.П. Влияние величины загрузки на технико-экономические показатели пищеварочных котлов // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2016. № 3 (87). С. 78–82.
3. Котел пищеварочный с рубашкой: пат. на изобретение № 2594856, РФ: МПК А47J 27/14 / Шихалев С.В., Решетников И.Ф., Тихонов С.Л.; патентообладатель: ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет». № 2015114899/12; заявл. 20.04.2015, опубл. 20.08.2016. Бюл. № 23.
4. Лесухин М.С., Крючков Д.А., Григорян Л.Г. Экспериментальное изучение тепло- и массообмена при конденсации водяного пара из паровоздушной смеси в аппарате с вертикальными контактными решетками // Вестник Самарского технического университета. Сер.: Технические науки. 2015. № 3. С. 180–186.
5. Минухин Л.А. Расчеты сложных тепло- и массообмена в аппаратах пищевой промышленности. М.: Агропромиздат, 1986. 174 с.
6. Рачко В.А. Влияние содержания воздуха на теплоотдачу при конденсации пара // Энергомашиностроение. 1965. № 8. С. 17–20.
7. Решетников И.Ф. Процессы в греющих полостях и рабочих объемах пищеварочных котлов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МИНХ им. Г.В. Плеханова, 1983. С. 23.
8. Хохлов Р. Тест-драйв: пищеварочные котлы // Ресторанные ведомости. 2005. № 6. С. 70–73.
9. Электрический пищеварочный котел: пат. на полезную модель № 94436, РФ: МПК А47J 27/14 / Шихалев С.В., Решетников И.Ф., Луговкин В.В., Ермаков С.А.; патентообладатель: ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»; № 2009140223; заявл. 30.10.2009; опубл. 27.05.2010. Бюл. № 15.

Bibliography

1. Berman L.D. Obobshchenie opytnykh dannykh po teplo- i massoobmenu pri kondensatsii para v prisutstvii nekondensirujushhegosja gaza // Teplofizika vysokih temperatur. 1972. № 3. S. 587–594.
2. Kirpichnikov V.P. Vlijanie velichiny zagruzki na tehniko-jekonomicheskie pokazateli pishhevarochnykh kotlov // Vestnik Rossijskogo jekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plehanova. 2016. № 3 (87). S. 78–82.
3. Kotel pishhevarochnyj s rubashkoj: pat. na izobretenie № 2594856, RF: MPK A47J 27/14 / Shihalev S.V., Reshetnikov I.F., Tihonov S.L.; patentoobladatel': FGBOU VO «Ural'skij gosudarstvennyj jekonomicheskij universitet». № 2015114899/12; zajavl. 20.04.2015, opubl. 20.08.2016. Bjul. № 23.
4. Lesuhin M.S., Krjuchkov D.A., Grigorjan L.G. Jeksperimental'noe izuchenie teplo- i massoobmena pri kondensatsii vodjanogo para iz parovozdushnoj smesi v apparate s vertikal'nymi kontaktnymi reshetkami // Vestnik Samarskogo tehničeskogo universiteta. Ser.: Tehničeskije nauki. 2015. № 3. S. 180–186.
5. Minuhin L.A. Raschety slozhnykh teplo- i massobmena v apparatah pishhevoj promyshlennosti. M.: Agropromizdat, 1986. 174 s.
6. Rachko V.A. Vlijanie soderzhanija vozduha na teplootdachu pri kondensatsii para // Jenergomashinostroenie. 1965. № 8. S. 17–20.
7. Reshetnikov I.F. Processy v grejushhix polostjakh i rabochih ob'emah pishhevarochnykh kotlov: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. M.: MINH im. G.V. Plehanova, 1983. S. 23.
8. Hohlov R. Test-drajv: pishhevarochnye kotly // Restorannye vedomosti. 2005. № 6. S. 70–73.
9. Jelektricheskij pishhevarochnyj kotel: pat. na poleznuju model' № 94436, RF: MPK A47J 27/14 / Shihalev S.V., Reshetnikov I.F., Lugovkin V.V., Ermakov S.A.; patentoobladatel': FGBOU VO «Ural'skij gosudarstvennyj jekonomicheskij universitet»; № 2009140223; zajavl. 30.10.2009; opubl. 27.05.2010. Bjul. № 15.

Хабаров
Станислав Николаевич
Khabarov
Stanislav Nikolaevich

Тел./Phone: (385) 268-50-65
E-mail: niilisavenko@hotmail.ru

Академик РАН, лауреат Государственной премии СССР в области науки и техники, заслуженный деятель науки РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель Центра промышленных технологий НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко 656045, РФ, Алтайский край, г. Барнаул, Змеиногорский тракт, 49

Academician of the Russian Academy of Sciences, Laureate of the USSR Government Reward in Science and Technology, Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Science, Professor, Chief of the Industrial Technology Centre Institute of Siberia Horticulture n.a. M.A. Lisavenko 656045, Russia, Altai Territory, Barnaul, Zmeinogorskiy highway, 49

Шихалев
Сергей Валерьевич
Shikhalev
Sergei Valeryevich

Тел./Phone: (343) 221-27-66
E-mail: sershih@rambler.ru

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры пищевой инженерии Уральский государственный экономический университет 620144, РФ, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45

Candidate of Technical Science, Associate Professor, Associate Professor of the Food Engineering Department Ural State University of Economics 620144, Russia, Ekaterinburg, 8 March St. / Narodnoy Voli St., 62/45

Решетников
Игорь Филиппович
Reshetnikov
Igor Filippovich

Тел./Phone: (343) 221-27-66
E-mail: rif@usue.ru

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры пищевой инженерии Уральский государственный экономический университет 620144, РФ, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45

Candidate of Technical Science, Associate Professor, Associate Professor of the Food Engineering Department Ural State University of Economics 620144, Russia, Ekaterinburg, 8 March St. / Narodnoy Voli St., 62/45