

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

АЛМАТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТИ  
АЛМАТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ТОҢАЗЫТУ АКАДЕМИЯСЫ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА  
INTERNATIONAL ACADEMY OF REFRIGERATION



**VI ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ҚАЗАҚСТАН-ТОҢАЗЫТУ 2016»  
VI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2016»  
VI INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE  
«KAZAKHSTAN-REFRIGERATION 2016»**

**Конференция баяндамаларының жинағы**

**1-2 наурыз, 2016 ж.**

**Сборник докладов конференции**

**1-2 марта 2016 г.**

**Proceedings of the Conference**

**March 1-2, 2016**

**Алматы, 2016**

УДК 621.56/59(063)  
ББК 31.392  
К14

Сборник докладов подготовлен под редакцией доктора технических наук,  
академика **Кулажанова Т.К.**

**Редакционная коллегия:**

Цой А.П., Бараненко А.В., Кантарбаев Р.А.,  
Шлейкин А.Г., Андреева В.И. (ответ. секретарь)

К14 Казахстан-Холод 2016: Сбор. докл. межд. науч.-техн. конф. (1-2 марта 2016 г.) – Алматы: АТУ, 2016. – 163 с.

ISBN 978-601-263-344-3

В докладах представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований ученых и специалистов Казахстана, Германии, России, Израиля, Голландии, Японии и Украины по направлениям: теплохладоснабжение, пищевая технология, кондиционирование и экология.

Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях индустрии холода, пищевой, химической, нефтеперерабатывающей промышленности, а также гостиничном бизнесе и спортивных комплексах.

УДК 621.56/59(063)  
ББК 31.392

ISBN 978-601-263-344-3

© АТУ, 2016

Полученные значения углов перекрытия удовлетворяют этому условию, и, следовательно, эффект газодинамического наддува используется эффективно.

Таким образом, учет реальности компримируемого газа позволяет уточнить величины углов перекрытия и углов всасывания со стороны ведомого винта, и тем самым увеличить эффективность работы холодильного винтового компрессора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курьлев Е.С., Гермсимов Н.А. Холодильные установки. - Л.: Машиностроение, 1980. -618 с.
2. Холодильные машины: Учебник /Под редакцией Л. С. Тимофеевского – СПб: Политехника, 2006 – 944 с.
3. Кошкин Н.Н., Сысоев В.Л., Аксенов с.П. и др. Холодильная машина с поршневым компрессором без смазки // Холодильная техника. -1979. -№4. -С. 18-21.
4. Богданов С.Н. Теплообмен при кипении фреона внутри горизонтальных труб // Холодильная техника. - 1964. -№12. -С. 40-42.
5. Мельцер Л.З., Чейлях В.Т., Чек А.А. Исследования процессов переноса масла во всасывающих и нагнетательных трубопроводах холодильных фреоновых машин // Холодильная техника. -1980. -№4. -С. 41-45.
6. Носков А. Н., Зимков А.А. Расчет процесса всасывания маслозаполненного холодильного винтового компрессора. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». -2012. -№1.
7. Носков А.Н., Зверев Д.И., Тарасенков Д. С. Расчет процесса нагнетания маслозаполненного холодильного винтового компрессора // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». -2014. -№1.
8. Амосов П.Е., Бобриков Н.И., Шварц А.И., Верный А.Л. Винтовые компрессорные машины. Справочник. Л.: Машиностроение, 1977. – 256с.
9. Сакун И.А. Винтовые компрессоры. – Л.: Машиностроение, 1970. – 400 с.
10. Бухарин Н.Н. Моделирование характеристик центробежных компрессоров. Л.: Машиностроение. 1983. - 214 с.
11. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. -М.: Наука, 1979. - 512 с.
12. Амосов П.Е., Бобриков Н.И., Шварц А.И., Верный А.Л. Винтовые компрессорные машины: Справочник. -Л.: Машиностроение, 1977. - 256 с.

УДК 620.92.97

#### АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛООБМЕНА В РЕГЕНЕРАТОРЕ С ДИСПЕРСНОЙ НАСАДКОЙ

*Притула В.П., д.т.н., Потанов М.Д., к.т.н.,*

*Солодка А.В., Одесса, Украина,*

*E-mail: ttte\_onaft@ukr.net, ttte\_onaft@ukr.net, a\_solodkaya@mail.ru*

Экономия топливно-энергетических ресурсов является определяющим фактором повышения конкурентоспособности продукции и снижения загрязняющего воздействия на окружающую среду [1,2]. В результате анализа тепловых потерь в энергетических и теплотехнологических установках различного назначения получено [1], что их значительную часть составляет физическая теплота уходящих газов, использование которой должно быть направлено на повышение тепловой эффективности самих установок, например, путем подогрева воздуха, идущего на горение. Воздухоподогреватель позволяет осуществить снижение температуры уходящих газов, что повышает КПД установки и, тем самым, обеспечивает экономию потребляемого топлива. Однако технико-экономическая целесообразность применения воздухоподогревателя не всегда оправдана, что связано, в основном, с низкими температурными напорами теплоносителей, большим гидравлическим сопротивлением аппарата, загрязнением поверхностей теплообмена со стороны греющего теплоносителя различными отложениями или ее разрушением за счет коррозии или эрозии. Анализ теоретических и экспериментальных работ, в которых исследованы тепловые процессы, определяющие эффективность работы таких теплообменников показал, что в настоящее время отсутствуют надежные общепринятые зависимости, которые послужили бы научной базой для разработки инженерной методики расчета воздухоподогревателей ' подобного типа и их широкому внедрению в промышленности.

Целью работы является представление методики для исследования теплообмена в теплообменнике-утилизаторе с движущимся плотным слоем насадки.

Для аналитического исследования процессов теплообмена составлена методика расчета теплообменника-утилизатора с дисперсной насадкой. Расчетная схема представлена на рис. 1. Цель расчета – определение площади теплоотводящей поверхности, поверхности слоя в контактном теплообменнике, геометрических характеристик аппарата и его массы. Расчеты проводились в два этапа. На первом этапе на основании приближенной методики, в которой использовались осредненные параметры, выполнялся конструкторский расчет. На втором этапе в результате численного решения краевой задачи о теплопереносе в аппарате рассчитывались поля температур, т.е. проводился его уточненный поверочный расчет [5]. В качестве исходных данных принимались расход воздуха, температуры и относительные влажности воздуха на входе и выходе из аппарата, размер и материал частиц дисперсного материала. Оптимальный расход дисперсного материала выбирали по рекомендациям [6]. Коэффициенты межкомпонентного тепло- и массообмена в движущемся слое, а также его аэродинамическое сопротивление рассчитывали по зависимостям [6], эффективные коэффициенты теплопроводности и диффузии – по [7].

В соответствии с двухкомпонентной гомогенной модели слоя, газовый и твердый компоненты рассматриваются как взаимодействующие квазигомогенные системы, характеризуемые эффективными коэффициентами переноса, различающимися в продольном (X) и поперечном (Y) направлениях. Теплообмен между твердым и газовым компонентами, а также между воздухом и боковыми поверхностями слоя, учитывался с помощью соответствующих коэффициентов теплоотдачи.

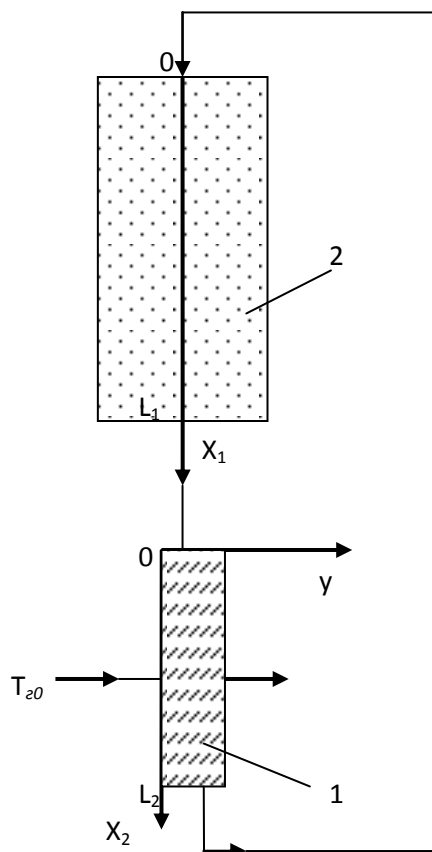


Рисунок 1 – Расчетная схема теплообменника с плотным слоем дисперсного материала.  
1 – контактный теплообменник с дисперсным материалом, 2 – камера охлаждения дисперсного материала

Сопротивление переносу внутри элементов слоя принято пренебрежимо малым. Условия теплообмена на боковых границах слоя считались одинаковыми. Поскольку предполагалось, что боковые стенки камеры теплоизолированы, уравнение энергии формулировалось в одномерном приближении. Считалось также, что в обеих камерах порозность, скорость газа и насадки, физические характеристики компонентов постоянны.

Уравнение энергии для слоя в камере охлаждения имеет вид:

$$(c_m \rho_m (1 - \varepsilon) + c_2 \rho_2 \varepsilon)(1 - \beta_2) \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda^* (1 - \beta_1) \frac{\partial^2 t}{\partial x_1^2} -$$

$$-c_m \rho_m (1 - \varepsilon) w_m' \frac{\partial t}{\partial x_1} - \alpha_1 F_{cm} (t - t_{cm}) \quad (1)$$

Краевые условия:

$$\begin{aligned} \tau = 0, t = t_{oo}; x_1 = 0, t = t'(\tau) \\ x_1 = L_1, \frac{\partial t}{\partial x_1} = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Тепломассоперенос в контактном теплообменнике описывается следующей системой уравнений:

- энергии для газового компонента

$$c_2 \rho_2 \varepsilon \frac{\partial t_2}{\partial \tau} = \lambda_{zx}^* \frac{\partial^2 t_2}{\partial x_2^2} + \lambda_{zy}^* \frac{\partial^2 t_2}{\partial y^2} - c_2 \rho_2 w_2'' \frac{\partial t_2}{\partial y} - \alpha_M a (t_2 - t_m) \quad (3)$$

- энергии для твердого компонента

$$\begin{aligned} c_m \rho_m (1 - \varepsilon) \frac{\partial t_m}{\partial \tau} = \lambda_{mx}^* \frac{\partial^2 t_m}{\partial x_2^2} + \lambda_{my}^* \frac{\partial^2 t_m}{\partial y^2} - c_m \rho_m (1 - \varepsilon) w_m'' \frac{\partial t_m}{\partial x} - \alpha_M a (t_2 - t_m) \\ + \beta_M a (r_k + r_{kp}) (Ed - f(t_m)) \end{aligned} \quad (4)$$

Краевые условия:

$$\left. \begin{aligned} \tau = 0: \quad t_\Gamma = t_{2oo}, t_\Gamma = t_{m00} \\ x_2 = 0: \quad \frac{\partial t_2}{\partial x} = 0, t_m = t_{L_1}(\tau) \\ x_2 = L_2: \quad \frac{\partial t_2}{\partial x} = 0, \frac{\partial t_m}{\partial x} = 0 \\ y = 0: \quad t_\Gamma = t_{20} \quad -\lambda_{my}^* \frac{\partial t_m}{\partial y} = \alpha_{m0} (t_{m0} - t_{cm0}) \\ y = H: \quad -\lambda_{\Gamma y}^* \frac{\partial t_2}{\partial y} = \alpha_{21} (t_2 - t_{cm1}); -\lambda_{my}^* \frac{\partial t_m}{\partial y} = \alpha_{m1} (t_m - t_{cm1}) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Здесь:  $r_k$  - удельная теплота конденсации,  $r_{kp}$  - удельная теплота кристаллизации,  $f(t_2)$  - аппроксимация зависимости влагосодержания насыщенного воздуха от температуры,  $E$  - коэффициент аппроксимации,  $w_m'$  - скорость слоя в камере охлаждения,  $w_m''$ ,  $w_\Gamma''$  - скорости слоя и воздуха в контактном теплообменнике,  $H$ ,  $L$  - толщина и высота слоя,  $x$ ,  $y$  - продольная и поперечная координаты, 0 и 1 - соответствуют левой и правой границам,  $oo$  - начальным значениям параметров.

Для решения поставленной задачи был выбран численный метод конечных элементов [8]. Алгебраические уравнения решались относительно температур компонентов воздуха в узлах конечно-элементной сетки. Решение двумерных уравнений выполнялось в два этапа. На первом прогонкой по строкам решались уравнения для всех сеточных линий, параллельных оси  $y$ , на втором - для сеточных линий, параллельных оси  $x$ . При этом применялся итерационный метод, согласно которому для каждого временного слоя значения, полученные на данном итерационном шаге, использовались в следующей итерации. После достижения заданной сходимости результатов последовательных итераций осуществлялся переход к следующему временному слою. В качестве начального приближения итерационно уточняемых параметров принимались значения, определенные на предыдущем шаге по времени. Разработанный алгоритм является абсолютно устойчивым и обеспечивает второй порядок точности по координатам. Тестирование алгоритма проводилось путем машинного эксперимента. Контрольные расчеты, проведенные на различных сетках, показали, что

целесообразно использовать сетку  $5\text{мм} \times 5\text{мм}$ , т.к. ее дальнейшее измельчение приводит к изменению температур не более, чем на 2-3%, в то время как затраты машинного времени заметно возрастают.

В результате поверочных расчетов при стационарном и нестационарном режимах определяются локальные и средние температуры в различных сечениях, в том числе выходных, тепловые потоки.

Результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований являются базой для разработки методики инженерного расчета регенеративного воздухоподогревателя с перемещающимся плотным слоем насадки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прутских Д. А. Гидродинамика и теплообмен в регенераторе с дисперсной насадкой. Автореферат дисс. на соискание уч. степени к.т.н. Специальность: 05.14.04- Промышленная теплоэнергетика. – Воронеж: 2009. – 22 с.
2. Бараков А.В. К расчету регенеративного воздухоподогревателя непрерывного действия / А.В. Бараков, Д.А. Прутских // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. -Т. 2. -№6. – С. 11-14.
3. Бараков А.В. Исследование теплообмена в регенераторе с дисперсной насадкой / А.В. Бараков, В.Ю. Дубанин, Д.А. Прутских // Энергосбережение и водоподготовка. 2007. -№4. – С. 45-46.
4. Бараков А.В. Исследование тепловой эффективности регенеративного воздухоподогревателя с дисперсной насадкой / А.В. Бараков, В.Ю. Дубанин, Д.А. Прутских // Промышленная энергетика. 2008. -№5. – С. 28-30.
5. Календерьян В.А., Гаппасов В.Р. Теплоперенос в воздухоохладителе с плотным движущимся слоем промежуточного теплоносителя. /IV Минский Межд. форум по тепломассообмену, Минск, 2000. Тезисы докладов и сообщений. Т.6. – С.175-182.
6. Горбис З.Р., Календерьян В.А. Теплообменники с проточными дисперсными теплоносителями. – М: Энергия, 1975.-294с.
7. Аэров М.Э., Тодес О.М., Наринский Д.А. Аппараты со стационарным зернистым слоем. Гидравлические и тепловые основы работы. – Л.: Химия, 1979. – 176с.
8. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир, 1986. – 318 с.

УДК 637.146

### **БИОТЕХНОЛОГИЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА С РАСТИТЕЛЬНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ ДЛЯ ПИТАНИЯ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ**

*Скобелева И.И., Красникова Л.В., д.т.н., г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,  
E-mail: irkaskbeleva@rambler.ru, krasnikoval@yandex.ru*

Теория о том, что статус здоровья человека напрямую зависит от питания, находит все большее подтверждение. В современном обществе, к сожалению, питание не решит проблему со стрессами, плохой экологией и т.д., но точно поможет купировать возможные последствия такого «урбанистического» образа жизни. Актуальность создания пищевых продуктов для пожилых людей заключается в том, что человеческое общество на данный момент четко дифференцировано на определенные возрастные группы, требующие создания многокомпонентных продуктов питания, способных выполнять определенные функции для заранее обозначенной категории граждан.

Изменения в пищеварительной системе пожилых людей накладывают некоторые условия на их рацион питания. Такими изменениями являются: утончение слизистой оболочки желудка; ухудшение секреторной и моторной функции; снижение кислотности желудочного сока. Следует отметить тот факт, что для поддержания нормального состояния и работоспособности организма необходимо сбалансированное питание. В пожилом возрасте отдельное внимание стоит уделить потреблению белка, в основном для регенерации клеток, а количество употребляемых жиров необходимо уменьшить. В употреблении углеводов особое внимание следует уделить пищевым волокнам. В продуктах, которые употребляют пожилые люди, должно быть достаточное количество витаминов: В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, F, PP, Си микроэлементов: Са, К, Mg, J. Важнейшими рекомендациями в геродиетическом питании являются:

- употребление кисломолочных напитков с пониженной массовой долей жира, обогащённых пробиотиками;