

Секция 7 ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕПЛОФИЗИКА

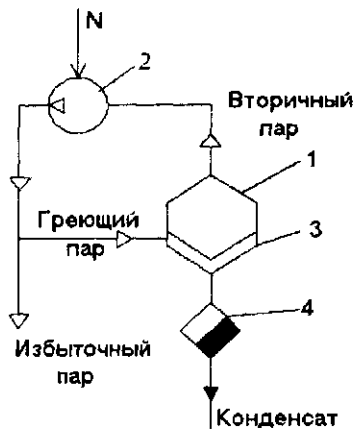
УДК 620.97; 536.7; 621.577; 663.4

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ПАРА КИПЯЧЕНИЯ СУСЛА МЕХАНИЧЕСКИМ ТЕПЛОВЫМ НАСОСОМ

А.А. Смоляк

Могилевский государственный университет продовольствия, Беларусь

Небольшой перепад давлений греющего и вторичного пара кипячения пивного сусла позволяет ставить вопрос о механическом сжатии вторичного пара (см. схему).



Вторичный пар из сусловарочного котла 1 всасывается механическим компрессором 2 и сжимается до давления греющего пара. Сжатый пар направляется в паровую рубашку 3 котла. Конденсат отводится через конденсатоотводчик 4.

Для оценки термодинамической эффективности схемы рассчитаны потоки энтальпии, эксергии и потери эксергии (см. таблицу). Относительный внутренний КПД компрессора принят равным $\eta_i=0,8$, электромеханический КПД для центробежных компрессоров $\eta_{эм} = 0,9$. Расчеты выполнены для 1 дал товарного пива 11% концентрации.

В схеме с механическим компрессором используется весь вторичный пар. Расход первичного пара здесь отсутствует. Затратами эксергии в этой схеме являются затраты электроэнергии (551,8 кДж/дал) на привод компрессора. Эксергетический КПД схемы равен $\eta_{ex} = 0,916$. Тогда как для других известных схем $\eta_{ex} = 0,3 - 0,45$.

Носитель	Расход, кг/дал	Поток энтальпии		Поток эксергии	
		Обозначение	Величина, кДж/дал	Обозначение	Величина, кДж/дал
Греющий пар, 3,5 бар, 260°C	1,557	$H_{гр}$	4649,4	$E_{гр}$	1236,5
Сусло: до кипячения	13,2	H_1	5227,2	E_1	486,3
после кипячения	11,6	H_2	4596,3	E_2	427,3
Конденсат, 125°C	1,557	H_k	817,4	E_k	100,3
Вторичный пар, 1 бар:	1,6	H_w	4282,1	E_w	833,2
Сжатый пар 3,5 бар, 260°C	1,6	H_D	4777,8	E_D	1270,6
Избыточный греющий пар	0,043	H_n	128,4	E_n	34,15
Электроэнергия на сжатие в компрессоре	1,6	$L_{эл}$	551,8	$E_{км}$	551,8
Потери в компрессоре				$D_{км}$	111,4
Потери в аппарате				$D_{ап}$	309,5
Потери в окруж. среду		Q_{oc}	181,7	D_{oc}	52,5

Таким образом сжатие вторичного пара механическим компрессором – это термодинамически наиболее эффективный способ использования его энергии. Но для его осуществления требуются специальные компрессоры для сжатия водяного пара.

УДК 536.7: 547.26

РАСЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОГО Н-ДЕКАНА ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 293 – 433 К И ДАВЛЕНИЯХ 0,1 – 140 МПА

А. П. Щемелев

Могилевский государственный университет продовольствия, Беларусь

На основе собственных измерений скорости звука при повышенных давлениях и литературных данных по плотности и изобарной теплоемкости при атмосферном давлении был выполнен расчет термодинамических

свойств n -декана при температурах 293 – 433 К и давлениях 0.1 – 140 МПа. Исходные данные были представлены зависимостями

$$\rho_0 = \sum_{i=0}^3 a_i (T_k - T)^i, \quad (1)$$

$$c_{p0} = \sum_{i=0}^2 b_i (T)^i, \quad (2)$$

$$W^{-2} = A + B/(C + p) + D/(E + p) \quad (3)$$

где ρ_0 и c_{p0} – плотность и изобарная теплоемкость при атмосферном давлении; W – скорость звука; T – температура; T_k – критическая температура; a_i, b_i, A и B – константы; C, D, E – функции температуры.

Расчет свойств при повышенном давлении выполнялся с использованием термодинамических соотношений

$$(\partial\rho/\partial p)_T = W^{-2} + T\alpha^2/c_p, \quad (4)$$

$$(\partial c_p/\partial p)_T = -T[\alpha^2 + (\partial\alpha/\partial T)_p]/\rho, \quad (5)$$

где ρ – плотность, c_p – изобарная теплоемкость, $\alpha = -(\partial\rho/\partial T)_p/\rho$ – изобарный коэффициент расширения. В результате численного решения системы уравнений (4), (5) в области $0.1 \leq p \leq 140$ МПа и $293.15 \leq T \leq 433.15$ К с граничными условиями $\rho_0(p_0, T)$; $c_{p0}(p_0, T)$ и полем скоростей $W(p, T)$ во всей области, заданными соответственно зависимостями (1), (2) и (3) получены значения ρ и c_p во всем прямоугольнике, опираясь на которые с использованием известных термодинамических соотношений были вычислены величины изотермического коэффициента сжимаемости, изохорной теплоемкости, энтальпии и энтропии в том же диапазоне параметров состояния. В области возможного сравнения рассчитанные значения плотности удовлетворительно согласуются с результатами других авторов.

УДК 533.24

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ И СЖИЖЕНИЯ ГАЗОВ С УЧЕТОМ РЕАЛЬНЫХ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И КИНЕТИКИ РОСТА КАПЕЛЬ

К. М. Арефьев, О. В. Беляева, А. Ж. Гребеньков, Т. А. Заяц

Санкт-Петербургский государственный технический университет, Россия

Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны НАНБ, Минск, Беларусь

Сжижение газа, особенно природного газа, состоящего, главным образом, из метана – важная техническая задача. В работе исследованы особенности конденсации на малых каплях. Получено уравнение для расчета диаметра растущей капли. Оценено влияние кривизны поверхности капли на ее температуру при различных параметрах среды. Получено уравнение, которое учитывает тепловыделение при конденсации на процесс адиабатического расширения.

При охлаждении и частичным сжижении в поршневом детандере и также при сжижении в конденсаторе вычислены изменяющиеся во времени характеристики метана и его смесей с неконденсируемым азотом (температура, давление, диаметр и температура капель, величина пересыщения, коэффициент ожигения) для конкретных условий. Дан анализ механизма изменения параметров среды со временем в детандере и конденсаторе. Установлена предельная полнота сжижения в конденсаторе при различных входных параметрах.

Рассчитаны изотермы пересыщенного пара в метастабильной области p - H - диаграмм метана и смеси метан-азот. Вычислены теплофизические характеристики некоторых элементов детандерно-дрессельного ожигателя среднего давления (теплообменников, джоуль-томсоновского дресселя и конденсатора) при различных входных параметрах.

Разработанные модели могут быть использованы при решении конкретных технических задач, а именно добычи, охлаждения, сжижения, хранения и транспорта углеводородов и других газов.

УДК 621.57:621.565.9.045

ТЕПЛОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН И УСТАНОВОК ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ

В.И. Володин, С.В. Здитовецкая

Белорусский государственный технологический университет, Минск

Одной из важнейших задач после производства сельхозпродукции является ее сохранность, что достигается при помощи холодильной техники – парокомпрессионных холодильных машин. В каждом конкретном случае с учетом условий эксплуатации требуется проводить выбор холодильной машины или