



Дорогие друзья, сегодня в России много говорят о модернизации. Настолько много, что, прежде чем упомянуть о ней в письме к читателям «Спираскопа», я задумался, возможно ли сейчас поднять эту тему и избежать обвинений в конъюнктурности. И все же, избегая глобальных масштабов, рискну сказать несколько слов о модернизации промышленного производства в том аспекте, в котором сталкиваемся с ней мы в своей работе. Разумеется, на уровне промышленного предприятия пароконденсатная система может показаться не самым значительным участком. Именно поэтому зачастую, инвестируя в развитие производства, ей не уделяют должного внимания. Однако, как в масштабах страны

нельзя достичь высокого уровня развития экономики, промышленности, образования, здравоохранения, избежав серьезных институциональных изменений, так и в рамках отдельного промышленного предприятия едва ли возможно обеспечить соответствие современным стандартам эффективности и конкурентоспособности производства, если изменения затрагивают только основное технологическое оборудование, а энергосистема по-прежнему отвечает лишь требованиям 70-х годов прошлого века, когда было построено предприятие.

Прошло 15 лет с тех пор, как компания “Спиракс-Сарко Инжиниринг” начала работу в России. Все эти годы мы работаем в непосредственном контакте с предприятиями различных отраслей промышленности. Среди наших клиентов есть как крупные холдинги со значительными инвестиционными возможностями, так и небольшие производители, для которых инвестиционный вопрос – это всегда выбор между стратегическим и «насущным». Так что наш круг клиентов, думаю, можно считать весьма репрезентативным. И на их примере я могу с уверенностью констатировать, что в последние годы отношение к теплоэнергетике и в частности к пароконденсатным системам в промышленной среде кардинальным образом меняется. Повышается уровень понимания проблемы, и меняются подходы к решению теплотехнических задач. Если раньше мы часто сталкивались с тем, что работа над пароконденсатной системой была лишь «латанием дыр» и устранением явных недостатков, то сегодня многие наши заказчики смотрят на задачу оптимизации теплового хозяйства шире. Они хотят большего и предъявляют более высокие требования к производителям и поставщикам. Собственно, быть поставщиком, пусть даже и высокклассного оборудования, уже недостаточно: промышленным предприятиям нужны партнеры, способные обеспечить комплексное решение энергетических задач. Решение задач «под ключ». Поэтому с каждым годом нам приходится решать все более масштабные задачи, а значит тоже двигаться вперед. Я очень благодарен нашим партнерам за это и надеюсь, что вместе мы будем и впредь ставить перед собой высокие цели и достигать желаемых результатов.

А.Ю. Антомошкин
Генеральный директор ООО «Спиракс-Сарко Инжиниринг»

В НОМЕРЕ:

Вадим Гуляев Влияние редуцирования пара на его перегрев.....	1
Кирилл Сафонов Вопросы эксплуатации и ремонта регулирующих клапанов	4
К.Д. Кеннеди Стерилизация паром и пастеризация готовых пищевых продуктов. Обзор современных технологий	5
Паровые субмарины. История и современность	8
Конкурс	9
Заявка читателя	10

СЕМИНАРЫ: (июнь-сентябрь 2010г.)

- 17.08 - Екатеринбург
- 27.08 - Краснодар
- 08.09 - Кострома
- 15.09 - Череповец
- 22.09 - Санкт-Петербург
- 23.09 - Москва
- 29.09 - Пенза

Участие в семинаре бесплатное.

Чтобы посетить семинар Spirax Sarco, пожалуйста, заполните форму на странице 10 и отправьте по факсу (812) 331 72 65.

Полное расписание семинаров на 2010 год представлено на сайте:

<http://spiraxsarco.com/ru/training>

Влияние редуцирования пара на его перегрев

Вадим Гуляев, инженер

При эксплуатации паровых систем часто возникает вопрос, происходит ли перегрев насыщенного пара при его редуцировании? Требуется ли после редуцирования давления снижать температуру пара до состояния, соответствующего его насыщению, например, с помощью редуциционно-охладительной установки (РОУ)?

С одной стороны, использование перегретого пара в теплообменных процессах нежелательно, с другой стороны, установка РОУ - технически сложная и недешевая задача, поэтому вопрос о необходимости снятия перегрева исключительно важен.



Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо четко понимать процессы, протекающие при редуцировании пара. Как известно, общее теплосодержание сухого насыщенного пара (h_g) складывается из энергии, содержащейся в воде,

нагретой до состояния кипения (h_f) и энергии, затраченной на парообразование (h_{fg}):

$$h_g = h_f + h_{fg} \quad (1)$$

Хотя часто пар называют "сухим насыщенным", на самом деле таким он бывает только теоретически. На практике котёл, не имеющий пароперегревателя, вырабатывает влажный пар, т.е. пар, в котором присутствует влага. Мера количества влаги в паре называется «степенью сухости пара» (χ) и выражается в процентах. Если степень сухости равна 95%, это значит, что в пароводяной смеси 5% от общей массы составляет вода, которая не содержит полезной энергии фазового перехода h_{fg} . Таким образом, фактическое теплосодержание (энтальпия) влажного пара определяется как:

$$h_g = h_f + (h_{fg} \cdot \chi) \quad (2)$$

Как уже упоминалось выше, абсолютно сухого пара в условиях производства добиться невозможно. Современные паровые котлы обеспечивают на выходе степень сухости пара, 90-95%. Кроме того, по мере движения пара по трубопроводам из-за потерь тепла в окружающую среду часть пара конденсируется, и в потоке пара летят в виде тумана мельчайшие капельки влаги. Таким образом, в зависимости от состояния теплоизоляции, протяженности паропровода, способа его прокладки (в помещении, на улице, надземная, подземная, канальная или безканальная), наличия узлов дренажа, наличия сепаратора пара перед редуцирующим клапаном, и т.д., пар может иметь степень сухости от 85 до 99%.

Итак, пар перед редуцирующим клапаном имеет конкретное теплосодержание, определяемое его давлением, температурой и степенью сухости. Чем ниже давление насыщенного пара, тем ниже его температура. Это значит, что при редуцировании сухой насыщенный пар должен перегреваться, ведь температура пара до редуцирования выше, чем после. Происходит ли это на самом деле? Все зависит от конкретных условий.

Пример 1:

Пар со степенью сухости 0,9, т.е. 90% редуцируется с 8 до 4 бар изб.

Значения удельных энтальпий можно узнать из таблиц состояния водяного пара:

При давлении 8 бар изб.:

$$h_f = 743,1 \text{ кДж/кг}$$

$$h_{fg} = 2030,9 \text{ кДж/кг}$$

При давлении 4 бар изб.:

$$h_f = 640,7 \text{ кДж/кг}$$

$$h_{fg} = 2108,1 \text{ кДж/кг}$$

Степень сухости χ учитывается при определении фактической энтальпии и при давлении 8 бар изб. (на входе в редуцирующий клапан) составит (2):

$$743,1 + (2030,9 \cdot 0,9) = 2570,9 \text{ кДж/кг}$$

Это количество тепловой энергии остается в паре и после редуцирования, т.е. при снижении давления до 4 бар изб.

В то же время теоретическая полная энтальпия сухого насыщенного пара при давлении 4 бар изб. составляет (1):

$$640,7 + 2108,1 = 2748,8 \text{ кДж/кг}$$

Поскольку фактическая энтальпия пара при избыточном давлении 4 бар изб. меньше, чем теоретическая полная энтальпия сухого насыщенного пара при давлении 4 бар изб., пар не перегревается, и в нем остается влага.

Количество влаги, оставшейся в пароводяной смеси определяется из формулы (2):

$$640,7 + (2108,1 \cdot \chi) = 2570,9 \text{ кДж/кг}$$

Откуда:

$$\chi = \frac{2570,9 - 640,7}{2108,1} = 0,916 = 91,6\%$$

Поэтому степень сухости пара при давлении 4 бар изб.

составит 91,6%.

Поскольку полная энтальпия после прохождения через редуцирующий клапан меньше, чем полная энтальпия пара при давлении 4 бар изб., пар остается влажным. Фактически, он слегка подсушится с 90% до 91,6%. А это значит, установка не требует.

Пример 2:

Пар редуцируется с 8 до 4 бар изб., перед редуцирующим клапаном установлен сепаратор пара, обеспечивающий степень сухости 99%.

Значения удельных энтальпий берём из предыдущего примера.

Значение фактической энтальпии при избыточном давлении 8 бар изб. (на входе в редуцирующий клапан) составит (2):

$$743,1 + (2030,9 \cdot 0,99) = 2753,7 \text{ кДж/кг}$$

Это количество тепловой энергии остается в паре и после редуцирования, т.е. при снижении давления до 4 бар изб.

В то же время, теоретическая полная энтальпия сухого насыщенного пара при давлении 4 бар изб. составляет (из прошлого примера) 2748,8 кДж/кг.

Фактическая полная энтальпия пара выше, чем полная энтальпия сухого насыщенного пара при давлении 4 бар изб. Поэтому пар будет не только на 100% сухой, но и на несколько градусов перегрет.

Степень перегрева можно определить из таблиц перегретого пара или по $h-s$ диаграмме, используя значения фактической энтальпии и давления пара.

Избыточная энергия составляет 2753,7-2748,8=4,9 кДж на 1 кг редуцируемого пара. Эта энергия тратится на повышение температуры пара выше температуры насыщения, а именно, с 152°C до 154,2°C, т.е. на 2,2°C.

При расходе пара 2000 кг/ч (от редуцирующего клапана пар поступает по трубопроводу Ду100 (Ø108x4) с теплоизоляцией толщиной 50 мм) «избыток» энергии составит:

$$Q = m_s \cdot h \quad (3)$$

где

Q - тепловой поток, кВт

m_s - массовый расход пара, кг/с

h - удельная энтальпия, кДж/кг

$$Q = \frac{2000}{3600} \cdot 4,9 = 2,7 \text{ кВт}$$

Это количество тепла, которое должен потерять пар, чтобы стать насыщенным. Эта энергия израсходуется на теплопотери в окружающую среду.

Так как термическое сопротивление трубопровода во много раз меньше, чем термическое сопротивление изоляции, им можно пренебречь. Это допущение позволит существенно упростить расчет:

$$Q = \frac{2\pi k_c L \Delta t}{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)} \quad (4)$$

где

$k_c = 0,05 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ средний коэффициент теплопроводности изоляции

L - длина изолированного паропровода, м

Δt - разность температур пара и окружающей среды, °C

d_2 - внешний диаметр изоляции, м (0,108+0,05+0,05=0,208 м)

d_1 - внутренний диаметр паропровода, м (для расхода пара 2000 кг/ч и давления 4 бар изб. составит 0,1 м)

Отсюда L - длина трубы, на которой избыток тепловой энергии перейдет в окружающую среду:

$$L = \frac{Q \cdot \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k_c \cdot \Delta t} \quad (5)$$

$$L = \frac{2700 \cdot \ln\left[\frac{0,208}{0,1}\right]}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,05 \cdot (154 - 20)} = 46,9 \text{ м}$$

Т.е. через 47 метров перегрев в 2,2 °С исчезнет. Однако обычно редукционные клапаны не изолируются. Потери в окружающую среду от редукционного клапана Ду65 можно принять как от неизолированного трубопровода длиной 0,5м, они составляют:

$$Q = K \cdot \pi \cdot d_1 \cdot L \quad (6),$$

где
K – коэффициент теплопередачи через стенку, Вт/м²°С
L – длина неизолированного паропровода, м

В свою очередь, коэффициент теплопередачи через стенку определяется как:

$$K = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{1}{\alpha_w} \right)} \quad (7),$$

где
 α_n – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности трубопровода, Вт/м²°С
 α_w – коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности трубопровода, Вт/м²°С
 δ_m – толщина металлической стенки трубы, м
 λ_m – теплопроводность материала стенки трубы, Вт/м°С

Термическое сопротивление стенки трубы $\frac{\delta_m}{\lambda_m}$ и сопротивление теплоотдаче на внутренней поверхности $\frac{1}{\alpha_w}$ для чистой трубы во много раз меньше, чем сопротивление теплоотдаче на наружной поверхности $\frac{1}{\alpha_n}$. Такое допущение позволяет значительно упростить расчет и уменьшить число необходимых исходных данных, так как тогда не требуется знать скорость среды в трубе, толщину стенки трубы, степень загрязнения стенки на внутренней поверхности. Погрешность расчёта, связанная с таким упрощением невелика и значительно меньше погрешностей, связанных с неопределенностью других расчётных величин. Это позволяет привести формулу (6) к виду:

$$Q = \alpha_n \cdot \pi \cdot d_1 \cdot L \quad (8),$$

Общий коэффициент теплоотдачи определяется как сумма коэффициентов конвективной и лучистой теплоотдачи:

$$\alpha_n = \alpha_k + \alpha_{л} \quad (9),$$

где
 α_k – коэффициент конвективной теплоотдачи, Вт/м²°С
 $\alpha_{л}$ – коэффициент лучистой теплоотдачи, Вт/м²°С

Коэффициент конвективной теплоотдачи зависит от скорости воздуха и направления потока по отношению к оси трубопровода, его диаметра и теплофизических характеристик воздуха. При ламинарном режиме движения воздуха (число Рейнольдса Re меньше 1000):

$$\alpha_k = \frac{0,43 \cdot \beta_\phi \cdot Re^{0,5} \cdot \lambda_B}{d_1} \quad (10),$$

где
 β_ϕ – коэффициент, учитывающий направление воздушного потока по отношению к оси трубопровода (определяется по таблице «Поправочные коэффициенты на угол обдува»*)
 Re – число Рейнольдса
 λ_B – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/м°С (определяется по таблице «Коэффициенты теплопроводности воздуха»*)
Число Рейнольдса определяется как:

$$Re = \frac{U \cdot \beta_u \cdot u \cdot d_1}{\nu_B} \quad (11),$$

где,
U – скорость движения воздуха, м/с
 β_u – коэффициент, учитывающий высоту расположения трубопровода над землей и характер рельефа местности (берется из таблицы «Поправочные коэффициенты на

ветровое давление и скорость воздуха») ν_B – коэффициент кинематической вязкости воздуха, м²/с (берется из таблицы «Коэффициенты кинематической вязкости воздуха») Коэффициент лучистой теплопередачи определяется по формуле:

$$\alpha_{л} = \frac{\varepsilon_n \cdot C \cdot \left[\left(\frac{T_n + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_B + 273}{100} \right)^4 \right]}{T_n - T_B} \quad (12),$$

где,
 ε_n – степень черноты трубопровода, рекомендуется принимать 0,9
 $C_0 = 5,78$ Вт/м²К⁴ – коэффициент излучения абсолютно черного тела
 T_n – температура пара, °С
 T_B – температура окружающего воздуха, °С

Результаты расчетов теплопотерь через неизолированный участок паропровода сведены в таблицу (А):

Re	α_{kr} Вт/м ² °С	$\alpha_{лr}$ Вт/м ² °С	α_{nr} Вт/м ² °С	Q, кВт
419	227,9	10,0	237,9	5,0

Таблица А

Так как избыток тепловой энергии, образовавшийся при редуцировании (2,7 кВт), меньше, чем теплопотери в окружающую среду через неизолированный редукционный клапан (5,0 кВт), то пар на выходе из редукционного клапана перегрет не будет.

Таким образом, даже при редуцировании практически сухого пара образовавшийся перегрев исчезнет почти сразу за редукционным клапаном, и установка охладителя пара не требуется.

Если редукционный клапан хорошо теплоизолирован, то пар на выходе из него будет перегрет. Количество воды, требуемое для впрыска в пар, чтобы привести его в состояние насыщения, определяется по формуле:

$$m_{cw} = \frac{m_c (h_g - h_d)}{h_d - h_{cw}} \quad (13),$$

где
 m_{cw} – массовый расход охлаждающей воды, кг/ч
 m_c – массовый расход перегретого пара, кг/ч
 h_g – фактическое теплосодержание перегретого пара, кДж/кг
 h_d – теплосодержание сухого насыщенного пара, кДж/кг
 h_{cw} – фактическое теплосодержание охлаждающей воды, принимается 419,8 кДж/кг

$$m_{cw} = \frac{2000(2753,7 - 2748,8)}{2748,8 - 419,8} = 4,2 \text{ кг/ч}$$

Таким образом, чтобы привести перегретый пар к состоянию насыщения, необходимо впрыскивать в него 4,2 кг воды в час. Это очень маленький расход, поддерживать его с достаточной точностью очень сложно, потребуется применение специальных регулирующих клапанов.

Подведя итоги, можно сказать, что зачастую при редуцировании пар либо не перегревается вообще, либо перегрев незначителен, и им можно пренебречь. Решение об установке охладителя пара следует принимать только после тщательных расчетов, убедившись, что оно экономически оправдано.

* Расширенная версия данной статьи, включающая все упоминаемые таблицы, доступна на нашем сайте в разделе **Академия пара**

Вопросы эксплуатации и ремонта регулирующих клапанов



*Кирилл Сафонов,
руководитель регионального подразделения*

Как часто за последнее время вам приходилось производить замену внутренних деталей (седло и плунжер) регулирующих клапанов? А сколько времени и усилий вы на это потратили?

Думаю, что среди тех, кто ответит на первый вопрос утвердительно, большинство отметит, что времени и усилий на выполнение этой операции потребовалось куда больше, чем хотелось бы. И это понятно, ведь в подавляющем большинстве случаев для проведения операции по извлечению седла приходится бороться с резьбовым соединением, посредством которого закреплено седло в корпусе: со временем в процессе эксплуатации, резьба намертво «прикипает», и выкрутить седло становится очень сложно.

Эта проблема обусловлена конструктивными особенностями клапана. На рисунке 2 изображен типичный регулирующий клапан, в котором седло вкручено в корпус. Такая конструкция на сегодняшний день является самой распространенной, именно так устроены клапаны большинства производителей.

Между тем, ремонт клапана вовсе не всегда означает огромные потери времени. За последние пару лет мне приходилось проделывать эту операцию несколько раз. При этом время замены седла клапана не превышало 10-15 минут, без учета времени, необходимого на то, чтобы клапан остыл. Замечу также, что все работы проводились на оборудовании, не снятом с паропровода!

За счет чего удастся достичь такой простоты и скорости проведения работ?



Рисунок 1. Клапан в сборе на линии

Секрет прост. Конструкция регулирующих клапанов серии Spira-Trol, выпускаемых компанией Spirax Sarco, позволяет легко извлекать седло из корпуса клапана.

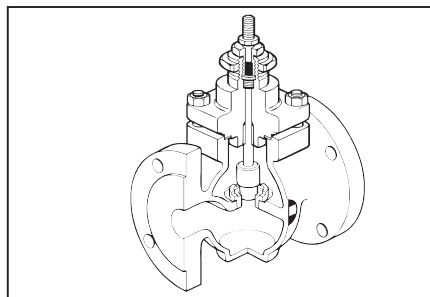


Рисунок 2. Типичный регулирующий клапан

На рисунке 3 показана принципиальная компоновка клапана Spira-Trol: в корпус клапана вставлено седло, которое прижимается к корпусу крышкой клапана и специальной камерой. Между седлом и корпусом клапана, а также между камерой и крышкой установлены специальные прокладки. Таким образом, в конструкции клапана нет никаких основных узлов с резьбовыми соединениями. Размер и форма отверстий в прижимной камере определяют расходную характеристику клапана, которая может быть линейной, равнопроцентной или быстрого открытия. Кроме этого существует так называемая малoshумная камера, позволяющая значительно (до 10-15 Дб) снизить шум при прохождении пара через седло клапана.

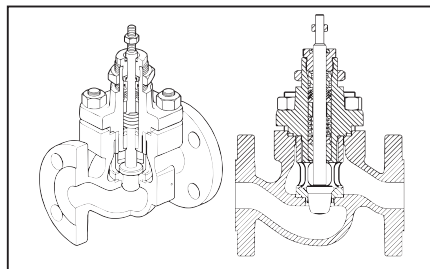


Рисунок 3. Компоновка клапана Spira-Trol

Замена внутренних деталей клапана может осуществляться как для устранения неполадки, так и в случае, когда необходимо изменить пропускную

способность или характеристику клапана в связи с изменившимися требованиями и условиями эксплуатации.

Чтобы добраться до внутренних деталей клапана необходимо снять привод клапана и крышку вместе со штоком и плунжером. (Рис. 4 и 5).



Рисунок 4. С клапана снята крышка и привод



Рисунок 5. Шток с плунжером

Для последующего извлечения прижимной камеры и седла требуется несколько секунд (Рис. 6)



Рисунок 6. Старые седло и прижимная камера



Рисунок 7. Новая запчасть - малолушное седло/прижимная камера (справа)

На рисунке 6 видно, что комплект, который извлекли из клапана, состоит из двух деталей. Возвращать на место мы будем только одну деталь (Рис. 7) – малолушное седло/прижимная камера объединены в единую деталь. Отверстия в стенках камеры обеспечивают равномерное распределение потока пара и снижение шума. Но чтобы новое

седло работало правильно, необходимо заменить и плунжер (Рис. 8). Он тоже отличается от стандартного. Благодаря внесенным изменениям клапан приобретает новые характеристики: вместо стандартного клапана с равнопроцентной характеристикой мы получили клапан с уменьшенным уровнем шума. Характеристика при этом может отстать от равнопроцентной, а может быть линейной.

Представьте ситуацию, когда вам нужно заложить в проект клапан с заведомо большей пропускной способностью, чем это необходимо на данный момент. Понятно, что клапан, работа которого ограничена очень небольшим диапазоном хода штока, будет работать не так эффективно, как работал бы клапан с меньшей пропускной способностью. Можно было бы поставить два клапана и при увеличении со временем расхода



Рисунок 8. Старый (справа) и новый плунжеры

пара запустить в работу второй, но вряд ли это будет рационально. Правильней будет установить корпус клапана с расчетом на максимальную нагрузку, а седло и плунжер с расчётом на реальную. Как только придет время увеличения нагрузки, можно будет легко и просто установить в клапан новое седло с повышенной пропускной способностью.

Стерилизация паром и пастеризация готовых пищевых продуктов: обзор современных технологий

К.Д. Кеннеди

Перевод и техническая редакция - А.Г.Шуб

Термин «Готовое блюдо» или «готовый пищевой продукт» обычно относится к упаковкам с едой или готовым блюдам, содержащим мясную, рыбную или полностью растительную основу, требующим минимального приготовления и не требующим нагрева или варки.

Как правило, такие продукты продаются в охлажденном и замороженном виде. Для потребителя понятие качества таких блюд тесно связано с их вкусом, который не должен уступать вкусовым свойствам аналогичных продуктов, приготовляемых самостоятельно. Однако на самом деле качество готовых пищевых продуктов определяется не только одними органолептическими характеристиками.

Первостепенную важность имеет безопасность продукта, для обеспечения которой в процессе производства требуется специальная обработка блюда таким образом, чтобы уничтожить все содержащиеся в блюде неспорозонные патогенные микроорганизмы. Для этого во время приготовления температура всего продукта должна быть поднята как минимум до 70°C. Однако многие такие блюда нагреваются до 80°C на несколько минут, чтобы выполнялись органолептические требования.

Срок хранения охлажденных готовых блюд обычно составляет от 5 до 7 дней и ограничивается ростом числа вызывающих порчу организмов, оставшихся в продукте или проникших через упаковку. Это обстоятельство ограничивает размеры партий и диктует серьезные требования в отношении обеззараживания продукта при производстве.

Считается, что нагрев запечатанного продукта, содержащего мясные компоненты, до 80 – 85°C и поддержание этой температуры в течение трех минут приводит к тому, что срок хранения продукта увеличивается до трех недель. Такое увеличение срока хранения без снижения вкусовых и питательных свойств продукта можно считать достижением, особенно если учесть, что его безопасность не только не уменьшилась, но даже увеличилась. Этот факт говорит о

том, что усилия по усовершенствованию технологий обработки, включая пастеризацию и стерилизацию, не пропадают даром.

Проблема большинства технологий тепловой обработки заключается в сложности обеспечения равномерного нагрева, причем это относится даже к жидким продуктам. Поэтому большинство методов тепловой стерилизации связано с внутренним перемешиванием пищевого продукта в контейнере. Например, вращающийся автоклав уменьшает время стерилизации банок с 19 до 15 минут. Вращающиеся в вертикальной плоскости автоклавы можно применять для обработки не только металлических банок. Готовые блюда в пластмассовых пакетах или стаканах можно подвергать воздействию паровоздушной смеси, вращая в вертикальной плоскости со скоростью от 2 до 10 об/мин.

Обычно процесс пастеризации позволяет достичь уменьшения количества микроорганизмов на 6 логарифмических единиц. Для полной стерилизации требуется уменьшение количества спор ботулотоксинов на 12 логарифмических единиц.

Влияние температуры на микроорганизмы и свойства пищевых продуктов

Преимущества использования высоких температур для пастеризации и стерилизации пищевых продуктов можно понять, рассмотрев концепцию значений D и z для тепловой обработки и микроорганизмов.

Тепло используется для консервирования пищевых продуктов, потому что под его воздействием изменяются естественные свойства протеинов, а значит, нарушается активность ферментов в самом продукте и в микроорганизмах. Такое разрушение обычно представляет собой реакцию первого порядка, то есть, после того, как пищевой продукт

нагревается до температуры, при которой уничтожаются микроорганизмы, в течение определенного времени такой же процент микроорганизмов будет уничтожен вне зависимости от того, сколько их было в начале.

Время, необходимое для уничтожения 90% микроорганизмов, называется десятичным уменьшением количества микроорганизмов, или D-показателем. Это свойство проиллюстрировано на рисунке 1 (D-показатель равен пяти минутам). За каждые 5 минут количество выживших микроорганизмов уменьшается в 10 раз. Конечно, такое поведение означает, что установить время полного уничтожения всех микроорганизмов невозможно. Поэтому обычно говорят о коммерческой стерильности, о которой мы поговорим ниже.

Десятичное уменьшение количества микроорганизмов, естественно, зависит от температуры. Измеряя D-показатели при разных температурах, можно установить время тепловой гибели, или TDT, проиллюстрированное на рисунке 2. Наклон этой кривой называется z-показателем и определяется как количество градусов Цельсия, необходимое для изменения времени десятичного уменьшения количества D в 10 раз. Эта кривая, как правило, хотя и не всегда, имеет линейный вид.

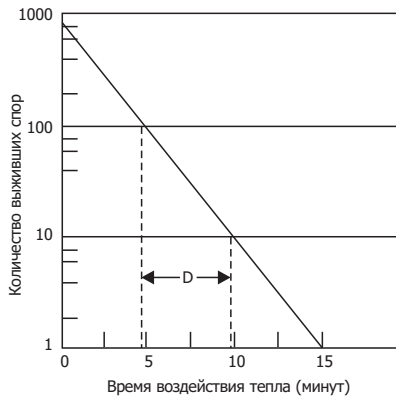


Рисунок 1. Время десятичного уменьшения количества микроорганизмов

Устойчивость микроорганизмов к тепловой обработке зависит от большого количества факторов. К этим факторам относятся тип микроорганизма и окружающие условия во время воздействия тепла, такие как pH, активность воды и состав пищевого продукта.

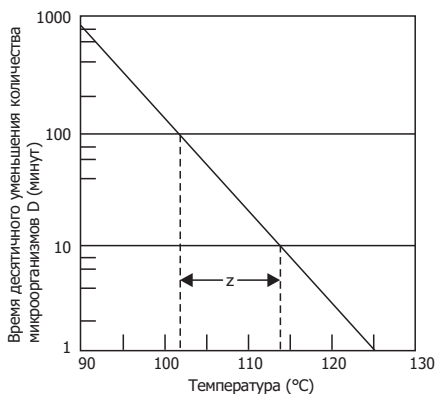


Рисунок 2. Кривая времени тепловой гибели с градиентом z

Процессы разрушения многих веществ, отвечающих за органолептические и питательные качества продукта, таких, как витамины, пигменты и ароматические соединения, также представляют собой реакции первого порядка.

В таблице 1 приведены некоторые D-показатели при 121°C, а также z-показатели для некоторых таких веществ и микроорганизмов. Самое важное, что здесь следует отметить, – то, что z-показатели для микроорганизмов, как правило, оказываются значительно ниже, чем для качества продуктов и их питательных свойств. Типичные z-показатели для пищевых патогенов составляют около 10°C, а для витаминов и пигментов они обычно находятся в диапазоне от 20 до 70°C.

Следовательно, преимущества кратковременной высокотемпературной пастеризации (HTST) и других видов высокотемпературной обработки, заключающиеся в том, что при переходе к высоким температурам темп смертности микроорганизмов намного превышает скорость изменения параметров качества пищевых продуктов, означают, что пищевые продукты можно считать «безопасными» при намного меньших изменениях их органолептических свойств.

Таблица 1. Тепловые свойства некоторых питательных компонентов пищевых продуктов в сравнении с тепловой устойчивостью бактерий.

Компонент	Источник	Уровень pH	z (°C)	D ₁₂₁ (минут)	Диапазон температур (°C)
Тиамин	Морковное пюре	5.9	25	158	109 - 149
Хлорофилла	Шпинат	6.5	51	13.0	127 - 149
	Свекольный сок	5.0	58.9	46.6*	50 - 100
Каротиноиды	Паприка		18.9	0.038*	52 - 65
Пероксидаза	Разные	–	28 - 44	–	–
Споры <i>Clostridium botulinum</i> , тип A + B	Разные	>4.5	5.5 - 10	0.1 - 0.3*	104
<i>Bacillus stearothermophils</i>	Разные	>4.5	7 - 12	4.0 - 5.0	110+

* D-показатели при температурах, отличных от 121°C.

Пастеризация

Хотя пастеризация представляет собой относительно мягкую тепловую обработку, в ходе которой пищевые продукты редко нагреваются более, чем до 100°C, во многих процессах пастеризации можно использовать водяной пар, который позволяет улучшать скорость обработки и общую производительность системы.

Степень необходимой тепловой обработки продукта определяется D-показателем большинства теплоустойчивых энзимов или микроорганизмов. Приведем пример: процесс пастеризации молока основан на его значении D60 и на достижении уменьшения числа *S. burnetti* на 12 логарифмических единиц. Точно так же, процесс обработки яичной массы основан на достижении уменьшения числа *S. Seftenberg* на 9 логарифмических единиц. Как уже обсуждалось выше, поскольку питательные и чувствительные вещества имеют свои собственные более высокие D-показатели, кратковременная обработка при высокой температуре часто является предпочтительной. Например, условия пастеризации молока могут быть достигнуты за 30 минут при температуре 63°C (длительная пастеризация), за 15 секунд при температуре 71,8°C (HTST), за 1 секунду при 88°C и за 0,01 секунды при температуре 100°C (мгновенная пастеризация).

Обработка горячей водой обычно используется при работе с продуктами, упакованными в стекло, тогда как металлические и пластмассовые контейнеры можно обрабатывать паровоздушной смесью. Паровые туннельные пастеризаторы облада-

ают рядом преимуществ, к которым относятся более короткое время обработки и меньшая площадь, занимаемая оборудованием. Температура в зонах нагрева туннельного пастеризатора постепенно повышается путем уменьшения количества воздуха в паровоздушной смеси. В таблице 2 приведено сравнение потери витаминов молоком в ходе процесса длительной пастеризации и процесса HTST.

Таблица 2. Потери некоторых витаминов в молоке в результате длительной пастеризации и процесса HTST.

Витамин	Метод пастеризации	
	HTST	Длительная пастеризация
Витамин B ₆	0	0
Тиамин	6.8	10
Витамин C	10	20
Витамин B ₁₂	0	10

Стерилизация

В ходе стерилизации пищевой продукт подвергается воздействию достаточно высокой температуры в течение достаточно долгого времени, чтобы прекратилась активность всех микробов и энзимов. Стерилизованные пищевые продукты обычно имеют срок хранения без охлаждения, превышающий шесть месяцев. Усовершенствование этого процесса сводится к тому, чтобы уменьшить изменение свойств продукта.

Время, необходимое для стерилизации пищевого продукта, зависит от устойчивости микроорганизмов и энзимов к воздействию тепла, условий нагрева, уровня pH продукта, размера контейнера и физического состояния продукта. Для того чтобы определить время обработки, нам нужно понимать как характеристики микроорганизмов, так и способы проникновения тепла внутрь продукта.

*Clostridium botulinum*¹ – самый опасный патоген, который может присутствовать в пищевых продуктах. Его уничтожение является минимальным требованием, предъявляемым к тепловой стерилизации. Мы видели, что уничтожение микроорганизмов происходит логарифмически. Вне зависимости от продолжительности воздействия тепла, невозможно создать абсолютно стерильный пищевой продукт, поэтому возникает понятие коммерческой стерильности: «Чтобы пищевой продукт мог считаться не содержащим жизнеспособные микроорганизмы, включая микроорганизмы, известные своей опасностью для здоровья, способные размножаться в пищевых продуктах при температурах,

при которых, вероятно, будет сохраняться продукт во время распространения и хранения» (Департамент здоровья и социального обеспечения DHSS, 1994). Например, процесс, позволяющий добиться уменьшения количества микроорганизмов на 12 логарифмических единиц в контейнере, содержащем 1000 спор, приведёт к тому, что на каждый миллиард произведенных контейнеров будет производиться одна спора. На практике наиболее экономичные способы очистки для большинства продуктов представляют собой процессы, дающие уменьшение количества микроорганизмов от 2 до 8 логарифмических единиц.

Чтобы разобраться со временем обработки, нам нужно рассмотреть скорость проникновения тепла в пищевой продукт. Оно определяется многими факторами. Обычно коэффициент теплопередачи не является ограничивающим фактором. Скорость проникновения тепла зависит от типа продукта, размера и формы контейнера, активности движения контейнера, температуры в автоклаве. Конечно, методом конвекции тепло передается намного быстрее, чем методом проводимости или перемешивания. При вращении банки в вертикальной плоскости часто можно увеличить скорость проникновения тепла в продукт. См. рисунок 3.

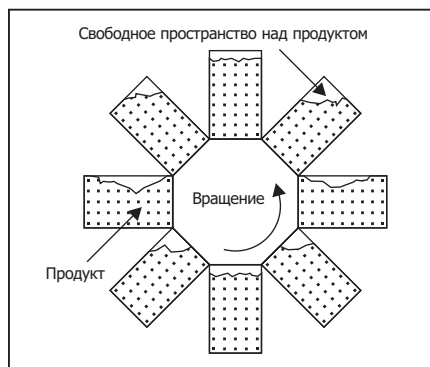


Рисунок 3. Вращение банок с продуктом в вертикальной плоскости

Различные процедуры стерилизации можно сравнивать друг с другом, рассматривая время тепловой гибели, TDT или F-показатель.

F-показатель – это время, необходимое для требуемого уменьшения общего количества микробов при данной температуре. Таким образом, этот показатель является мерой для комбинации времени и температуры для данного продукта. Часто этот показатель приводится с суффиксами, обозначающими температуру в автоклаве и z-показатель для соответствующего вида микробов.

Так, F₁₁₅¹⁰ означает процесс при температуре 115°C, воздействующий на микроорганизмы с z-показателем 10°C. Значение F можно определить как время, необходимое для уменьшения числа микроорганизмов в «D-показателе» раз. Следовательно,

$$F = D (\log n_1 - \log n_2),$$

где n₁ и n₂ – начальное и конечное количество микробов. При описании процесса часто используют контрольное значение F₀, которое соответствует воздействию при температуре 121°C на микроорганизмы с z-показателем 10°C.

Время обработки обычно рассчитывается математически или графически для определения общей устойчивостью продукта к времени-температуре и, как следствие, определения времени обработки, необходимого для получения данного F-показателя.

Скорость проникновения тепла сильно зависит от типа упаковки. Стерилизованные продукты, как правило, хранятся в упаковках следующих четырех видов: металлические банки, стеклянные банки или бутылки, гибкие пакеты, жесткие лотки.

В большинстве процессов из упаковок перед заполнением или герметизацией удаляется весь воздух. Нагрев обычно осуществляется насыщенным паром, горячей водой (в случае стеклянных контейнеров) или огнем (только для маленьких банок). В любом стандартном процессе стерилизации тепло обеспечивается конденсацией насыщенного пара на внешней стенке контейнера. Основная трудность при работе с твердыми продуктами или продуктами, обладающими высокой вязкостью, заключается в том, чтобы провести тепло в середину контейнера.

Процессы при сверхвысокой температуре (УНТ), или асептические процессы

Многие жидкие или полужидкие продукты при воздействии еще более высоких температур в течение еще более коротких промежутков времени достигают очень высокой степени стерилизации при минимальных изменениях продукта. Однако еще раз отметим, что основная сложность заключается в переносе тепла

¹ *Clostridium botulinum* - грамположительная бактерия рода клостридий, возбудитель ботулизма - тяжёлой пищевой, вызываемой ботулиническим токсином и характеризующейся поражением нервной системы.

внутри самого продукта. Процессы УНТ также требуют очень высокой степени стерильности оборудования, атмосферы и контейнеров, которые наполняются продуктом. Поэтому системы УНТ в настоящее время используются только для обработки жидких пищевых продуктов, содержащих либо не содержащих твердые частицы. Тепловая обработка перед упаковкой продукта осуществляется, например, с помощью теплообменников при температуре порядка 140°C. Это позволяет обойти трудности, связанные с размером упаковки, и такие процессы используются, например, для производства 1 тонных асептических пакетов с жидкими пищевыми продуктами, такими как томатное пюре или яичная масса.

Оборудование, используемое для получения условий УНТ, состоит из устройств прямого метода воздействия (впрыск пара, впрыск продукта), устройств непрямого метода воздействия (пластинчатые или кожухотрубные теплообменники), а также других систем, как, например, устройства микроволнового или омического нагрева и т. д. При впрыске водяного пара мелкие пузырьки пара проникают в нагретый

жидкий продукт, поднимая температуру примерно до 150°C; процесс обработки занимает 2-3 секунды. Хотя этот способ нагрева является одним из самых быстрых, а значит, особенно подходит для нагрева продуктов, чувствительных к теплу, на практике его можно применять только для обработки продуктов, обладающих малой вязкостью; кроме того, он требует тщательной подготовки пара из воды питьевого качества.

Нагнетание водяного пара представляет собой впрыск пищевого продукта в сосуд высокого давления с паром из воды питьевого качества. Температура продукта при этом повышается почти мгновенно, а время обработки, как и в предыдущем случае, составляет около трех секунд. Этот процесс проще контролировать, и он лучше подходит для обработки продуктов, обладающих высокой вязкостью.

Продолжение статьи – в следующем выпуске журнала. Вы также можете ознакомиться с полной версией данной статьи в [Академии пара](#)

Паровые субмарины: история и современность

В прошлом выпуске журнала мы писали о паролётах – одном из менее удачливых собратьев паровозов и пароходов - господствовавших транспортных средств конца XIX века. Однако повествование об истории парового транспорта было бы неполным без упоминания подводных лодок на паровой тяге. Им сегодня мы и посвятим свой рассказ.

В отличие от наземного транспорта, где паровые двигатели стали настоящим прорывом и дали толчок появлению новых средств передвижения, под водой появление паровых субмарин не стало революцией. Дело в том, что впервые паровая машина была установлена на подводную лодку только в 1884 году. К этому моменту субмарины с механическими и электрическими двигателями уже были не просто изобретены, но и успели получить боевое применение.

Первая паровая подводная лодка, созданная шведским инженером-оружейником Торстеном Норденфельдом, представляла собой веретенообразное судно длиной 19,5 метров и диаметром 2,75 метра, с водоизмещением 55 тонн (рисунок 1). Лодка могла плыть со скоростью 7,5 км/ч на глубине до 15 метров. На субмарине Норденфельда были впервые установлены торпеды, созданные в 1864 г. совместно англичанином Уайтхедом и австрийцем Люппи, конструкция которых сохранилась неизменной до начала XX в.

В последующие годы Норденфельдом было создано несколько усовершенствованных моделей субмарины. Одна из них была приобретена Грецией, другая - Турцией (дабы не уступить врагу в вооружении), а третья - Россией. Однако, направляясь в Россию, у полуострова Ютландия лодка села на

мель. Экипаж благополучно эвакуировался, а судно было отремонтировано, но после этого инцидента российская сторона отказалась от покупки.

Вторым значимым этапом в истории паровых субмарин стала первая мировая война. После того, как в 1914 году немецкие подводные лодки потопили 6 английских крейсеров и 1 подлодку, Англия, поставленная на грань военного поражения, обратилась к идее быстроходной эскадренной лодки. Считалось, что такие лодки, находясь вместе с надводными кораблями в составе эскадры, смогут обеспечить противолодочную оборону, наносить первые удары по противнику и решать задачи разведки. Лодки предполагалось вооружить торпедными аппаратами, орудиями, позволяющими вести артиллерийскую дуэль с надводными

кораблями противника, а также глубинными бомбами для борьбы с подводными лодками. Так в составе английского флота появились огромные по тому времени подводные лодки типа "К" водоизмещением 1880/2650 т. Поскольку Англия не располагала достаточно мощными дизелями, было принято решение оснастить лодки типа "К" двухвальными паротурбинными установками суммарной мощностью 10 тыс. л. с. Каждый из двух паровых котлов имел убирающуюся внутрь корабля дымовую трубу диаметром 1,2 м. Подъем трубы, задривание их клинкетов и вентиляционных шахт осуществлялись дистанционно с помощью гидравлических механизмов.

Скорость надводного хода была получена действительно очень большая – около 26 узлов, но в целом корабли оказались неудачными. Они плохо управлялись в



Рисунок 1

подводном положении, медленно погружались и, самое главное, были ненадежными при погружении из-за необеспеченной водонепроницаемости корпуса в устройствах приема воздуха и отвода дымовых газов от паровых котлов. Несмотря на принятые конструктивные меры безопасности (например, дымовые трубы задраивались двумя клинкетами – внизу и вверху), на 15 из 17 построенных лодок произошли серьезные аварии, в результате которых погибли шесть лодок и свыше 300 подводников. Англичане шутили, тип «К» расшифровывается как calamity (созвучие с английским словом «calamity» - бедствие, катастрофа). На последних лодках этой серии, несмотря на снижение скорости надводного хода, паротурбинные установки были заменены дизельными суммарной мощностью 2400 л.с.

Казалось бы, экспериментам с паром под водой был положен конец. Но прошло всего несколько десятилетий, и о них вновь вспомнили. Разница состояла лишь в том, что пар для турбины должен вырабатывать не привычный котел, сжигающий органическое топливо, а атомный реактор, в котором тепловая энергия выделяется за счет реакции расщепления ядерного топлива. Первым подводным

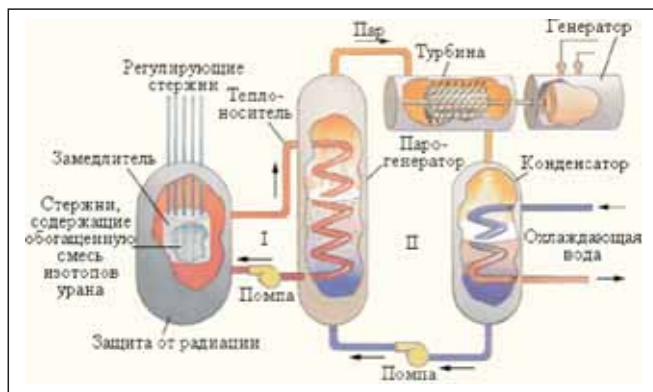


Рисунок 2

кораблем, на котором установлен атомный двигатель, стала американская лодка «Наутилус» (1955).

К энергетической установке современного судна с атомным двигателем относятся атомный (ядерный) реактор, парогенератор и турбинная установка, приводящая в движение судовой движитель – один или несколько винтов (рисунок 2). Эта установка имеет несколько контуров циркуляции различных теплоносителей. Первый контур - циркуляция воды под высоким давлением. Вода первого контура служит теплоносителем, который нагревается в ядерном реакторе и далее поступает в парогенератор. Давление воды в I-ом контуре очень высокое и это препятствует её испарению. Далее горячая вода I-го контура, поступает в парогенератор, представляющий собой кожухотрубный змеевиковый теплообменник, отдает свое тепло воде II-го контура. Давление во II-ом контуре гораздо ниже, чем в I-ом, поэтому вода II-го контура в парогенераторе испаряется, превращаясь в пар, который далее поступает к турбине. Турбина через редуктор приводит во вращение гребной винт, а также вращает турбогенератор, вырабатывающий электроэнергию. Прошедший через турбину пар конденсируется в конденсаторе, через который прокачивается холодная забортная вода.

К неоспоримым преимуществам атомных энергетических установок относятся очень низкий удельный расход топлива и практически неограниченная дальность плавания подводной лодки. Так, реактор самой современной на сегодня субмарины "Virginia" (США) рассчитан на 30 лет работы, поэтому за весь срок службы подводной лодки не потребуются перезагружать ядерное топливо.

Источники:
<http://glubina72m.net.ru>
<http://korabli.ucoz.ru>
<http://www.seaships.ru>

<http://www.vectorsite.net/>
<http://myrt.ru/>
<http://www.shipandship.chat.ru/>
<http://www.nwemail.co.uk>

Внимание: Конкурс!

Найдите спрятанные слова и получите приз от SPIRAX SARCO

Зашифрованные слова могут быть написаны во всех направлениях, кроме диагональных.

В таблице пропущено одно слово из списка.

Найдите пропущенное слово, впишите его в бланк ответа на странице 9 и отправьте нам*.

И главное, не забудьте указать свои координаты для получения подарка!

- Ремонт
- Седло
- Сухость
- Торпеда
- Энзим
- Энтальпия

р	ь	к	о	ы	я	в	т	ь	р
в	е	р	л	р	и	е	н	ь	у
п	и	а	д	е	п	р	о	т	п
р	н	п	е	з	ь	г	м	с	р
ы	з	р	с	ь	л	е	е	о	о
с	р	р	с	б	а	р	р	х	ц
к	е	е	л	а	т	е	з	у	е
е	р	м	т	з	н	п	ц	с	с
р	м	и	з	н	э	е	в	о	с
к	о	т	е	л	з	н	м	в	п

- Впрыск
- Клапан
- Котел
- Перегрев
- Процесс
- Резьба

* Ответы принимаются до 18/06/2010

Заявка читателя

Если Вы хотите получить информацию об оборудовании Spirax Sarco, посетить обучающий семинар или получить консультацию от эксперта Spirax Sarco, просто **заполните** данную форму и **отправьте нам по факсу (812) 331-72-67 или, нажав соответствующую кнопку в нижней части страницы, отправьте запрос.**

Сразу после обработки запроса сотрудник Spirax Sarco свяжется с Вами.

Пожалуйста, отметьте, интересующие вас позиции:

Литература

Каталог оборудования Spirax Sarco 2009 (печатная версия)

Каталог оборудования Spirax Sarco 2009 (электронная версия)

Оборудование Spirax Sarco (обзорный каталог)

Теплопункты EasiHeat Plus (брошюра)

Посещение семинара Spirax Sarco:

17.08 Екатеринбург

27.08 Краснодар

08.09 Кострома

15.09 Череповец

22.09 Санкт-Петербург

23.09 Москва

29.09 Пенза

Spirаскоп



Уважаемые читатели!

Мы будем рады узнать Ваше мнение о нашем журнале.

Свои замечания, вопросы и предложения, пожалуйста, присылайте на адрес:
spirascope@ru.spiraxsarco.com

“Спиракс-Сарко Инжиниринг”

Санкт-Петербург,
ул. Маршала Говорова, 52, литера А,
офис 503-Н
Тел. (812) 331-72-65, факс 331-72-67

Internet: www.spiraxsarco.com/ru

Ваш ответ на конкурсный вопрос:
(стр. 8)

Другое (Ваш вопрос): _____

Пожалуйста, укажите свои контактные данные, чтобы наш сотрудник мог связаться с Вами:

ФИО _____

Компания _____

Должность _____

Контактный телефон _____ E-mail _____

Индекс _____ Город _____ Адрес _____

Вы можете послать запрос через web сайт, нажав кнопку:

ПОСЛАТЬ ЗАПРОС