ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

ФЕДЕРАТИВНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра технологического и холодильного оборудования

**Дисциплина: «Процессы и аппараты пищевых производств»**

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**Тема: «Проектирование установки Н10-ИДЦ для горячего копчения рыбы»**

**Содержание**

Задание на проектирование

Введение

Описание технологической схемы установки

Технологический расчет аппарата

Уточнение характеристик рециркуляционного и вытяжного вентиляторов

Правила и мероприятия по обеспечению техники безопасности

Список использованной литературы

**Задание на проектирование**

Задание IX. Определить расход тепла в установке горячего копчения рыбы Н10-ИДЦ и уточнить характеристики рециркуляционного и вытяжного вентиляторов. Масса транспортных устройств *М*т = 400 кг, масса металлических частей камеры, входящих в контакт с сушильным агентом, *Мм* = 4000 кг, поверхность камеры, соприкасающейся с воздухом цеха, *F* = 40 м², отношение количества смешиваемого дыма к рециркулируемой дымовоздушной смеси ηg = lg/(lp+l) = 1/4. Температура рыбы в конце первого режима подсушки tp1 = 40 °C, в конце второго

85 °C. Вид рыбы – ставрида с начальной влажностью W 1 = 70 %.

Исходные данные (Вариант 6).

Первый режим:

Gp 1 = 690 кг;

Xп = 3 %;

t0 = 25 °C;

φ0 = 75 %;

τц1 = 1800 с;

Vp = 3,2 м³/с;

t2 = 52 °C;

X2 = 0,028 кг/кг;

V0 = 0,56 м³/с;

tм1 = 80 °C;

tp1 = 40 °C.

Второй режим:

Xп = 28 %;

t0 = 25 °C;

φ0 = 75 %;

τц2 = 7200 с;

t2 = 92 °C;

t’1 = 100 °C;

X’см = 0,036 кг/кг;

tg = 56 °C;

Xg = 0,074 кг/кг;

tp2 = 85 °C.

Здесь:

Gp1 - единовременная загрузка камеры рыбой;

Xп - потери на общую массу рыбы;

t0,φ0 - температура и влажность свежего воздуха;

τц – продолжительность режима;

Vp - секундный расход рециркулируемого воздуха;

Xg,tg - температура и влагосодержание свежей дымовоздушной смеси после дымогенератора;

t2, X2 – температура и влагосодержание воздуха или дымовоздушной смеси при выходе из установки;

V0 - секундный расход свежего воздуха;

t’1,X’см – температура и влагосодержание дымовоздушной смеси, полученной в результате смешения свежей дымовоздушной смеси после дымогенератора;

tм1 - температура внутренних металлических частей камеры перед первым режимом;

tp1 - температура рыбы в конце первого режима подсушки;

tp2 - температура рыбы в конце второго режима подсушки.

**Введение**

Копчение — процесс обработки пищевых продуктов дымовоздушной смесью с целью достижения бактериального и антиокислительного эффектов. При этом их поверхности окрашиваются в золотисто–коричневые цвета, а сами продукты приобретают специфический приятный вкус и аромат копчения.

С давних времен люди используют копчение, как способ консервации продукта в аккорде с приданием ему особенно ароматного запаха и замечательного вкуса. Как впервые были получены копченое мясо или рыба никому не известно, но вместе с тем, это не было случайностью по той простой причине, что процесс этот продолжительный и требует наличия определенных знаний.

В зависимости от температуры различают копчение холодное, горячее и полугорячее.

Холодное, горячее копчение – способы консервирования, при которых происходит ряд сложных процессов. Холодное копчение ведется при температуре не выше 40 C°, горячее копчение осуществляется при температуре от 80 до 180 C°, а полугорячее при температуре от 50 до 80 C°.

Положительные стороны копчения хорошо известны: с помощью этого широко распространенного технологического приема при изготовлении разнообразной продукции из рыбы получают не только продукты, обладающие особыми привлекательными вкусовыми свойствами, но и изделия которым присуща повышенная устойчивость к окислительным и микробиальным изменениям при хранении. Этот процесс непродолжительный, заканчивающийся по достижении рыбой кулинарной готовности. Он длится от 1,5 до 6 часов при температурах, обеспечивающих стерильность продукта.

Процесс горячего копчения разбивается обычно на три стадии: подсушивание, проварка, копчение. Основная цель подсушивания заключается в том, чтобы частично удалить влагу из рыбы. В этот период температуру в коптильной камере поддерживают равной 80 °C (Т = 333 – 353 К), проваркой достигается доведение мяса рыбы до полной готовности к употреблению в пищу (Т = 373 – 423 К). При собственно копчении происходит осаждение коптильных компонентов дыма на поверхность рыбы и их диффузия внутрь мышечных тканей.

Процесс обезвоживания рыбы при холодном и горячим копчении является определяющим по продолжительности. Свойства дымовоздушной смеси из-за небольшой концентрации дыма в ней приближается к свойствам воздуха.

В качестве рабочего агента при конвективном обезвоживании в рыбной промышленности применяются атмосферный воздух и дымовые газы. Атмосферный воздух является смесью сухого воздуха и водяного пара. Свойства влажного воздуха или дымовоздушной смеси как сушильного агента определяются такими параметрами, как абсолютная и относительная влажность, влагосодержание, температура, теплосодержание и др.

Абсолютной влажностью воздуха называется масса водяного пара, содержащегося в 1 м³ влажного воздуха.

Относительной влажностью называется отношение абсолютной влажности при данной температуре к максимально возможной массе пара, которая может содержаться в 1 м³ воздуха при этой же температуре.

**Описание технологической схемы установки**

Установка центробежная Н10-ИДЦ предназначена для горячего копчения разделанных и неразделанных рыб длиной 1200 мм и толщиной 120мм.

В данной установке имеются камера, ротор, клети с рыбой, вентилятор циркуляционный, вентилятор выброса, дымогенератор. Отличительной особенностью данной установки является то, что в ней используется один ротор. Тележки не подвешиваются на монорельс, а закатываются, на ротор с помощью колес. Применяются режимы с повышенными температурами.

Полный цикл работы установки включает три режима: 1 – подсушка, 2 – проварка и копчение, 3 – охлаждение. Поддержание режимов и контроль параметров осуществляется автоматически.

Продолжительность и температурные режимы обычно устанавливает лаборатория в зависимости от вида рыбы, ее размеров и жирности.

В режиме подсушки воздух из камеры 8 отсасывается вентиляторами регуляции 4, нагревается калорифером 3 и вновь подается в камеру 8 через дымовод 12. Температура воздуха поддерживается в пределах от 30 до 80 C° в течение 30 минут. в зависимости от вида и размера рыбы. После того как температура воздуха достигнет заданного режима, включается вентилятор выброса воздуха в атмосферу.

Количество выбрасываемого воздуха регулируется заслонкой 7. Температура воздуха регулируется изменением мощности электрокалорифера и заслонкой 7.

Количество выбрасываемого воздуха регулируется заслонкой 7. Температура воздуха регулируется изменением мощности электрокалорифера и заслонкой 7.

По окончании режима подсушки автоматически включается режим 2, при котором параметры дымовоздушной смеси поддерживаются в пределах от 80 до 140 C°.

Заслонка 1 автоматически открывается, как только температура дымогенератора достигает заданной величины, и дым поступает в камеру 8. Часть отработавшей дымовоздушной смеси (около 30 %) выбрасывается в атмосферу вентилятором выбросов, остальное подается на рециркуляцию.

По достижении температуры в теле не менее 75 C° 2-й режим завершается. При этом происходит автоматическое отключение калорифера 3. Выключение вентилятора выброса 6. Заслонка выброса при охлаждении полностью открыта. Заслонка 1 автоматически перекрывает подачу дыма в камеру 8. Дымогенератор 2 отключается. Охлаждение ведется до температуры 45 градусов. По окончании режима 3 происходит автоматическое отключение ротора 10, вентиляторов 4,6 и подается звуковой сигнал, который отключается кнопкой «конец программы».

Регулирование режимов может осуществляться вручную.

Свежий воздух поступает в камеру через неплотности в дверных проемах и заслонке 1. Однако клети с рыбой обладают определенным сопротивлением, поэтому можно предположить что большая часть свежего воздуха засасывается регуляционным вентилятором.

1 – камера смешения свежего и рециркуляционного воздуха;

2 – электрокалорифер для нагрева смеси

воздуха и дыма; 3 – камера сушки (копчения).

Рисунок 3 – схема сушки для 1-ого режима.

Для второго периода схема при копчении выглядит следующим образом (рисунок 4).

1 – смешение рециркулируемой дымовоздушной смеси с воздухом, поступившим в камеру через неплотности; 2 – электрокалорифер; 3 – камера смешения с дымовоздушной смесью дымогенератора; 4 – камера копчения.

Рисунок 4 – Схема сушки для 2-ого режима.

Процесс сушки для первого периода представлен в ***У***-***х***–диаграмме

Отрезок АС – смешение свежего и регуляционного воздуха;

ВД – нагрев в калорифере;

ДС – процесс сушки в теоретической сушилке;

ДС’ – процесс сушки в действительной сушилке.

Рисунок 5 – Процесс сушки для первого периода.

В камере Н10-ИДЦ процесс сушки не идет по линии ***У = const***, так как имеют место потери в окружающую среду.

Аналогично и во втором периоде действительный процесс сушки отличается от теоретического .

1.**Технологический расчет аппарата**

Целью расчета является уточнение расхода тепловой энергии на процесс при заданной производительности и конкретном видовом составе рыбы.

Расчет установки при работе ее в 1-м режиме.

Для определения расхода тепла на процесс необходимо построить процесс на ***У***-***х***–диаграмме.

Первоначально определим Xсм - влагосодержание смеси свежего рециркуляционного воздуха:

Xсм = (V0X0 + VрX2 )/( V0 + Vр), (1.1)

где V0 - секундный расход свежего воздуха;

X0 - влагосодержание свежего воздуха (его находим по

***У***-***х***–диаграмме);

Vр - секундный расход рециркулируемого воздуха;

X2 - влагосодержание воздуха или дымовоздушной смеси при выходе из установки.

На ***У***-***х***–диаграмму (рисунок 5) наносим точки А и С и соединяем их отрезком АС. Пересечение отрезка с линией Xсм характеризуется точкой В (***У***см = 110 кДж/кг; tсм = 47 °C).

Для нахождения точки Д – параметров воздуха после калорифера, необходимо найти отношение Δ/l, отложить в масштабе отрезок соответствующий Δ/l от точки С вверх (при Δ/l отрицательном) по линии X = const. Получим точку С1 параметры воздуха на выходе из камеры в случае теоретической сушилки. Пересечение линии

***У*** = const, проходящей через точку С1, и линии Xсм = const, проходящей через точку В, даст точку Д – параметры воздуха после калорифера.

Перед первым режимом металлические части камеры разогревают до 80 °C. Тогда внутренний тепловой баланс камеры будет выглядеть следующим образом:

Δ = qст + Cвtр1 - (qм + qт + qп), (1.2)

где qм = [((Gp1 – Wц1)/ τц1) (C2 (tр2 - tр1))]/W1, (1.3)

qт = ((Σ Мт)/ τц1) Cт (tт2 - tт1)/W1, (1.4)

qп = Qп/ W1 = [Fα(tст - tв) ]/W1, (1.5)

qст = (Мм / τц1 )[Cт (tм1 - tм2)]/W1, (1.6)

Cв = 4180 кДж/(кгC°) теплоемкость воды;

tр1 = 40 °C - температура рыбы в конце первого режима подсушки;

Gp1 = 690 кг – единовременная загрузка рыбы в камеру;

Wц1 – количество влаги, удаляемое в первом режиме, считается по формуле

Wц1 = Gp1·Xⁿ1, (1.7)

где Мт = 400 – масса металлических частей клетей с рыбой;

Xⁿ1 = 0,03 - потери на общую массу рыбы в первом режиме;

τц1 = 1800 с – продолжительность 1-ого режима;

tр2 = 85 °C – температура рыбы в конце 1-ого режима;

C2 - теплопроводность рыбы (3,0-3,6 кДж/(кг∙C°));

Cт = 480 Дж/(кг∙C°) – теплоемкость металла;

tт2 - конечная температура металлических частей клетей;

tт1 - начальная температура металлических частей клетей;

W1 - производительность камеры по испаренной влаге, рассчитывается по формуле

W1 = Wц1 /τц1 (1.8)

F = 40 м² поверхность камеры;

α – коэффициент теплоотдачи от стенки камеры к наружному воздуху, рассчитывается по формуле

α = 9,76 + 0,07(tст - tв), (1.9)

где tст = 52 °C – температура поверхности изоляции в 1-м режиме;

tв = 25 °C – температура воздуха в помещении цеха;

qст – дополнительный расход тепла от металлических частей камеры;

Мм = 4000 – масса металлических частей камеры;

tм1 = 80 °C – температура разогретых металлических частей камеры перед началом 1-ого режима;

tм2 - температура разогретых металлических частей камеры в конце

1-ого режима;

Расчет

Xсм = (0,015· 0,56 + 3,2 · 0,028)/(3,2 + 0,56) = 0,026 кг/кг;

Wц1 = 690 · 0,03 = 20,7 кг;

W1 = 20,7/1800 = 0, 0115 кг/с;

α = 9,76 + 0,07(52 - 25) = 11,65 Вт/(м²C°);

qм = [((690 – 20,7)/1800)(3500(85 – 40))]/0,0115 = 5092500 Дж/кг;

qт = (400/1800)480(52 - 25)/0,0115 = 250435 Дж/кг;

qп = 40 · 11,65(52 - 25)/0,0115 = 109408,7 Дж/кг;

qст = (4000/1800) 480(80-52)/0,0115 = 2597101 Дж/кг;

Cвtр1 = 40·4180 = 167200 Дж/кг;

Δ=167200+2597101-(5092500+250435+109408,7)=-2688,043 кДж/кг;

l = 1/( X2 - X0), (1.10)

l = 1/(0,028 – 0,015) = 77 кг/кг;

Отношение Δ/l = 34,9 кДж/кг;

Откладываем на ***У***-***х***–диаграмме отрезок СС1 , соответствующий Δ/l, и через точку С проводим линию ***У*** = const до пересечения с линией

Xсм = const, в месте пересечения линий получаем точку

Д – параметры воздуха после калорифера (***У***1 = 145 кДж/кг;

t1 = 77 °C).

Найдем степень рециркуляции воздуха

n = Xсм – X0/ X2 – Xсм, (1.11)

qк = l (n + 1)( ***У***1- ***У***см), (1.12)

Qк – расход тепла на нагрев и испарение влаги из рыбы, рассчитывается по формуле

Qк = qк ∙ W1 (1.13)

n = 0,026 – 0,015/(0,028 – 0,026) = 5,5;

qк = 77∙(5,5 +1)(145 - 110) = 17517,5 кДж/кг;

Qк = 17517,5 0,0115 = 201,45 кВт.

Установленная мощность нагревателей Nц = 135 кВт. Таким образом расход тепловой энергии в первом режиме меньше установленной мощности.

Расчет установки при работе во втором режиме.

Для того, чтобы найти расход тепла во втором режиме, необходимо так же как и в первом режиме, найти ***У***1 и ***У***см.

Нанесем на ***У***-***х***–диаграмму параметры дыма после дымогенератора (точка Д’’) и дымовоздушной смеси на входе в камеру копчения (точка Д’). Соединим эти точки линией (рисунок 6). Отложим на полученной прямой отрезок Д’’ Д, равный ¼ отрезка Д’’ Д’. Параметры точки Д:

***У***к = 210 кДж/кг; t1 = 115 °C; Xсм = 0,034 кг/кг.

Определим внутренний тепловой баланс камеры по формуле

Δ = Cвtр2 - (qм + qт + qп + qст) (1.14)

В правой части уравнения внутреннего теплового баланса для второго режима температура стенок камеры меньше температуры дымовоздушной смеси, поэтому в отличие от первого режима требуется тепло qст на подогрев стенок камеры до средней температуры дымовоздушной смеси, циркулирующей в ней.

qм = [((Gp 1 – Wц1 - W2)/ τц2) (C2 (tр2 - tр1))]/W2; (1.15)

qт = ((Σ Мт)/ τц2) Cт (tт2 - tт1)/W2; (1.16)

qп = Qп/ W2 = [Fα(tст - tв) ]/W2; (1.17)

qст = (Мм / τц2 )[Cт (tм2 – tм1)]/W2; (1.18)

Cв - теплоемкость воды;

tр1 = 40 °C - температура рыбы в конце первого режима подсушки;

Gp1 = 680 кг – единовременная загрузка рыбы в камеру;

Wц2 = 183,6 кг – количество влаги, удаляемое во втором режиме, определяется по формуле

Wц2 = Gp1·Xⁿ2, (1.19)

где Xⁿ2 = 0,27 - потери на общую массу рыбы во втором режиме;

τц2 = 7000 с – продолжительность 2-ого режима;

C2 - теплопроводность рыбы (3,0-3,6 кДж/(кг∙C°));

где Мт = 400 – масса металлических частей клетей с рыбой;

Cт = 480 Дж/(кг∙C°) – теплоемкость металла;

tт2 - конечная температура металлических частей клетей, рассчитывается по формуле

tт2 = (t’1 + t2)/2 (1.20)

tт1 - начальная температура металлических частей клетей;

W2 = Wц2 /τц2 = 0,0268 кг/с - производительность камеры по испаренной влаге;

F = 40 м² поверхность камеры;

α = 9,76 + 0,07(tст - tв), (1.9)

tст = 82 °C – температура поверхности изоляции во 2-м режиме;

tв = 20 °C – температура воздуха в помещении цеха;

qст – дополнительный расход тепла от металлических частей камеры;

Мм = 4000 – масса металлических частей камеры;

Расчет

Wц2 = 690·0,28 = 193,2 кг;

tт2 = (100 + 92)/2 = 96°C;

qм =[((690 – 20,7 – 193,2)/7200)(3500(85 - 40))]/0,0268= 387873,1 Дж/кг;

qт = (400/7200)·480(96 - 52)/ 0,0268 = 43343,3 Дж/кг;

qп = 40 · 11,65(52 - 25)/0,0268 = 469477,6 Дж/кг;

qст = (4000/7200) 480(80-52)/0,0268 = 275820,9 Дж/кг;

Cвtр2 = 85·4180 = 355300 Дж/кг;

Δ=355300–(387873,1+43343,3+469477,6+275820,9)=-821,2 кДж/кг;

Продолжим построение процесса на ***У***-***х***–диаграмме. Из точки Д’ проведем вниз линию X = const. На этой линии возьмем произвольную точку f и через нее проведем отрезок, перпендикулярный этой линии, до пересечения с***У*** = const, проходящей через точку Д’. Точку пересечения обозначим l. Отрезок fl равен 20 мм. Отложим вниз (Δ < 0) от точки l отрезок lЕ.

lε = lf Δ Mx/My, (1.21)

где Mx и My - масштабные коэффициенты диаграммы.

lε = 20 · 821,2 · (0,45 10 ³/0,57).

Пересечение линии Д’Е с изотермой, равной t2 = 94 °C, дает точку

С – параметры дымовоздушной смеси на выходе из камеры,

X2 = 0,048 кг/кг.

Соединив точку С с точкой А (t0 = 25 °C; φ0 = 75 %), получим линию процесса смешения воздуха с дымовоздушной смесью перед калорифером.

l = 1/( X2 - X0), (1.10)

l = 1/(0,048 – 0,0115) = 27,4 кг/кг;

Пересечение отрезка АС с линией X = const, проходящей через точку Д, дает точку В – параметры воздуха на входе в калорифер

(***У***см = 152 кДж/кг; t1 = 67 °C; Xсм = 0,032).

n = Xсм – X0/ X2 – Xсм = 0,032 – 0,0115/(0,048 – 0,032) ≈ 1.3

Расход циркулируемой смеси на калорифер рассчитываем по формулам

lсм = (l + ln), (1.11)

qк2 = lсм ( ***У***1- ***У***см), (1.12)

Qк = qк2 W2, (1.13)

Тогда

lсм = 27,4 + 27,4·1,3 = 63 кг/кг;

qк2 = 63 (210 - 152) = 3654 кДж/кг;

Qк = 3654 · 0, 0268= 97,9 кВт.

Таким образом расход тепловой энергии во 2-ом режиме меньше установленной мощности.

**2.Уточнение характеристик рециркуляционного и вытяжного вентиляторов**

Расход воздуха или дымовоздушной смеси на циркуляцию:

Lp = li (ni + 1)Wi, (2.1)

где Wi - производительность по испаренной влаге в

каждом режиме (i=1, i =2);

ni - степень рециркуляции в каждом режиме.

Расход воздуха или дымовоздушной смеси на циркуляцию в первом режиме:

Lp1 = 77 · (5,5 + 1) · 0,0115 = 5,75 кг/с;

во втором режиме:

Lp2 = 27,4 · (1,3+1) 0,0268 = 1,69 кг/с.

Производительность вытяжного вентилятора в режиме I:

Lв1 = l W1 , (2.2)

Lв1 = 77 · 0,0115 = 0,88 кг/с.

Производительность вытяжного вентилятора в режиме II:

Lв2 = l1 W1 + nglp2 , (2.3)

где ng – степень смешивания дыма с дымовоздушной смесью.

Lв2 = 27,4 0,0268 + 2,56/4 = 1,37 кг/с.

Объемный расход воздуха или дымовоздушной смеси :

Vi = ρсв (1 + x) Li , (2.4)

где ρсв – плотность сухого воздуха , кг/м³;

x – влагосодержание сухого воздуха;

Li - расход сухого воздуха в каждом из режимов на циркуляцию или вытяжку;

Объемный расход воздуха в режиме I:

V1 = 1,2047 (1 + 0,028) 5,75= 7,12 м³/с;

Объемный расход воздуха в режиме II:

V2 = 1,2047 (1 + 0,048) 1,69 = 2,13 м³/с.

**3. Правила и мероприятия по обеспечению техники безопасности**

На установке могут работать люди, сдавшие необходимый технический минимум по устройству и эксплуатации установки и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Перед началом работы необходимо проверить:

* заземление электрооборудования установки;
* натяжение приводных ремней и цепей;
* наличие защитных кожухов на вращающихся частях привода;
* наличие и исправность контрольно-измерительных приборов;
* исходное положение переключателей в шкафу электрооборудования;
* надежность фиксации клетей с решетами на роторе.

Клети следует загружать решетами с рыбой равномерно во избежание дисбаланса при вращении.

Меры предосторожности при работе на установке:

* не открывать дверь камеры;
* не производить регулировку натяжения приводных ремней и цепей до полной остановки привода;

Для предупреждения возгорания смолы в дымоводах и камере необходимо соблюдать график санитарной обработки установки, а так же следить за исправным состоянием электропривода, электроприборов, электронагревателей и электропроводки.

Запрещается:

* работать на неисправной установке;
* устранять неисправности и производить ремонт во время работы установки;
* работать на установке, если защитные кожухи привода отсутствуют или временно сняты;
* устранять неисправности электрооборудования под напряжением;
* загромождать проходы около установки посторонними предметами;
* оставлять работающую установку без присмотра.

При проведении санитарной обработки не заливать водой двигатели и приборы. Необходимо обеспечить людей, производящих санитарную, обработку спецодеждой.

**Список использованной литературы**

1.Борисов Г.С., Брыков В.П. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию – М.: Химия, 1991. – 496 с.

2. Домашнев А.Д. Конструирование и расчет химических аппаратов. – М.: Машгиз, 1961 – 624 с.

3. Ершов А.М. – Процессы и аппараты пищевых производств. Методические указания к курсовому проектированию - Мурманск: 1991 – 122с.

4. Кувшинский М.Н. Курсовое проектирование по редмету

 «Процессы и аппараты химической промышленности»:

Учеб. пособие для техникумов. – 2-е изд., М.: Высш. шк.,

1980 – 223 с.

5. Леванидов И.П. Технология соленых, копченых вяленных рыбных продуктов - М.: 1987 – 160 с.

6. Могилевский И.М. Комплексная механизация копчения мелкой рыбы - М.: 1982 – 88 с.