Министерство образования и науки Российской Федерации

Южно-Уральский государственный университет

Кафедра “Технология продуктов общественного питания”

КУРСОВАЯ РАБОТА

По дисциплине “Оборудование предприятий общественного питания”

Руководитель

Кисимов Б.М.

“\_\_\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2005 г.

Автор курсовой работы

Студент группы КОМ-456

Солуянов Н.Н..

Работа защищена с оценкой:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

“\_\_\_\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2005 г.

Челябинск 2005 г.

Содержание

Введение

1 Объемно-планировочное решение

1.1 Число, площади и размеры камер

1.2 Расположение камер и требования к их размещению

1.3 Требования к помещениям для холодильных агрегатов

2 Расчетные параметры воздушной среды

3 Расчеты тепловой изоляции

3.1 Изоляционные конструкции холодильников и их особенности

3.2 Методика расчета толщины слоя теплоизоляции

3.3 Расчет теплоизоляции ограждений

3.3.1 Расчет теплоизоляции в мясо-рыбной камере

3.3.2 Расчет теплоизоляции в камере овощей и безалкогольных напитков

3.3.3 Расчет теплоизоляции в молочно-жировой камере

4 Тепловой расчет камер

4.1 Цель и методика расчета

4.2 Теплопритоки через ограждения

4.2.1 Теплопритоки через ограждения в мясо-рыбной камере

4.2.2 Теплопритоки через ограждения в камере овощей и безалкогольных напитков

4.2.3 Теплопритоки через ограждения в молочно-жировой камере

4.3 Теплопритоки от продуктов

4.4 Эксплуатационные теплопритоки

4.5 Сводная таблица теплопритоков в холодильник

5 Расчет и выбор холодильного оборудования

5.1 Выбор системы охлаждения и холодильных машин

Заключение

Литература

Введение

Тепловым называют оборудование, предназначенное для тепловой обработки продуктов.

При конструировании и проектировании различных видов теплового оборудования, учитывают различные условия, обеспечивающие наибольшую эффективность производства и эксплуатации этого оборудования. С этой целью пользуются целым рядом различных показателей, которые образуют группу технико-экономических характеристик теплового оборудования. Технико-экономические характеристики позволяют оценить скорость обработки, энергозатраты, себестоимость, и др. показатели, которые характеризуют эффективность работы того или иного теплового оборудования. Как правило, многие из этих показателей, указываются в техническом задании на оборудовании, по которому производят его проектирование, а также в техническом паспорте на оборудовании, предъявляемом покупателю на его приобретение.

Одной из важнейших технико-экономических характеристик является его производительность. В общем случае под производительностью понимают, способность оборудования совершить ту или иную работу, в том числе и связанной с обработкой какого-либо количества продукта, в течение какого-либо времени.

Целью курсовой работы по технологическому оборудованию предприятий общественного питания является получить студентами навыков в самостоятельной работе, научить студентов пользоваться справочной литературой, развить у них изобретательность, а также закрепить полученных ранее знаний по различным дисциплинам.

Выполнение проекта позволит студентам уяснить всю сложность технических решений технологических задач с тем, чтобы в своей производственной деятельности правильно ставить задачи перед инженерами-механиками для создания эффективного технологического оборудования.

1 Выбор задания

Задание на проектирование включает в себя исходные данные в соответствии с вариантом заданий.

Разработка конструкции, расчет производительности и тепловой расчет оборудования и электронагревательных элементов производились, пользуясь табличными данными:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант, наименование оборудования | Габаритные размеры, мм | Мощность, кВт | Дополнительные сведения | Наименование блюда |
| Макароноварка | 420х700х880 | 9,00 | 1бак x 25 л, τр=15мин | Пельмени отварные |

2 Основные принципы расчета и проектирование теплового

оборудования

Для проведения теплового расчета в задании указана определенная конструкция аппарата и технологический процесс. Конструктивные размеры основных элементов аппарата увязываются затем с данными теплового расчета.

Задачей теплового расчета электрического теплового оборудования является определение максимальной и минимальной мощностей и расчет трубчатых электронагревателей.

Тепловые балансы аппаратов составляются, ориентируясь на прилагаемые методики и пользуясь рекомендуемой литературой. При выполнении курсового проекта недостающие величины принимаются ориентировочно по опыту работы или другим литературным источникам.

2.1. Методика теплового расчета электрической макароноварки

При проектировании электрических макароноварки для определения часового расхода электрической энергии и расчета электрических нагревательных элементов необходимо составить тепловой баланс аппарата.

Тепловой баланс электрического макароноварки для периода разогрева можно выразить следующим равенством:

*Q = Q1+Q2+Q3,* (2.1.1.)

где *Q* – подведенное тепло, кДж;

*Q1* – полезно используемое тепло, кДж;

*Q2*– потери тепла наружными поверхностями макароноварки в окружающую среду, кДж;

*Q3*– тепло, расходуемое на нагревание конструкции макароноварки и на парообразование в пароводяной рубашке, кДж.

2.1.1. Определение полезно используемого тепла

Режим нагрева (нестационарный)

Для определения полезно используемого тепла при нагреве воды для варки пельменей до температуры кипения можно применить следующую формулу:

, (2.1.2.)



где GB – количество нагреваемой воды, кг; *GB = VK⋅ϕ⋅ρ;*

*VK* – объем варочной емкости макароноварки, л;

*ϕ* - коэффициент заполнения макароноварки;

*ρ* - плотность воды, кг/м3; при температуре воды 60ºС равна 971,8 кг/м3;

*сВ* – теплоемкость воды, кДж/кг0С, в интервале температур *tK* и *tH;* принять равной 4,195 кДж/кгºС;

*tH* – начальная температура заливаемой воды, 0С, при расчете *tH* можно принять 100С;

*tK* – конечная температура воды, 0С*; tK*≈ 1000С;

*ΔW′* - количество испарившейся воды в период разогрева до 1000С 0,5% от веса жидкости в макароноварке, кг

*r* = 2258,2 кДж/кг – скрытая теплота парообразования воды при

атмосферном давлении.

Для определения количества отдельных продуктов, загружаемых в котел, необходимо определить количество порций приготовляемого блюда.

Количество порций *п,* шт., определяется по формуле:

*п*= , (2.1.3.)



где *ϕ* - коэффициент заполнения котла; 85%;

*VK* – общий объем котла, л;

*Vп* – объем одной порции, л;

*Vисп* – объем испаряемой жидкости в период разогрева и кипения приготовляемого блюда, л.

Количество влаги, удаляемой в процессе варки отдельных блюд, зависит от времени варки и определяется по материальному балансу процесса варки, т.е.

*Vисп = Gсм + W – Gгп,* (2.1.4.)

# где *Gгп* – вес готовой продукции (блюд), кг

*W* – общее количество жидкости, загружаемой в макароноварку, кг

Плотность фарша 0,9**.**103 кг/м3;

Плотность теста 0,6**.**103 кг/м3

На один пельмень приходится 7гр фарша

6гр теста

V1=0,007кг/0,9**.**103кг/м3=7,8**.**10-6м3

V2=0,006кг/0,6.103кг/м3=1**.**10-5м3, следовательно объем одного пельменя равен:

7,8**.**10-6м3+1**.**10-5м3=17,8**.**10-6м3

Тогда объем 1 кг пельменей составляет 17,8**.**10-6м3**.**77=13,7**.**10-4м3=1,37л

*Gгп=*1кг**.**1,08=1,08кг, так как привар в пельменях равен 8%

*Vисп = Gсм + W – Gгп,*=1кг+4кг-1,08кг=3,92кг

*п*= =0,85**.**(40л-3,92л)/5,48=5.6 порции



V=5.6**.**5,48л=30.68л

ϕ=30.68**.**100/40=70,6%=0,76

GB = VK⋅ϕ⋅ρ = 0,040 м3**.**0,76**.** 971,8 кг/м3 = 29,5 кг

ΔW′=29,5кг**.**0,5%/100% = 0,14кг

Q1′=29,5кг**.**4,195**.**103Дж/кгºС**.**(1000С-100С)+0,14кг**.**2258,2**.**103кДж/кг =11453873Дж=11453,8 кДж

Стационарный режим (режим кипения)

Полезно используемое тепло на режим слабого кипения определяется по формуле:

*=* ΔW′′⋅r+GСМ **.**cСМ **.**(tК – tСМ), (2.1.5.)



где *ΔW′′* - количество влаги, удаляемой в процессе кипения содержимого котла, кг.

По опытным данным можно принимать равным 1,5 … 2,0% от веса жидкости в баке.

где *GСМ* – общее количество загруженных в варочный котел пищевых продуктов, кг.

*GСМ = g1+g2+g3+…+gn;* (2.1.6.)

*g1 ,g2 ,g3…gn* - количество отдельных продуктов, загружаемых в котел, определяется по нормам раскладки для приготовления данного блюда, кг;

*сСМ* – средняя теплоемкость смеси загружаемых продуктов в интервале температур *tK* и *tH*, кДж/кг0С.

*с1, с2, с3…сn* – теплоемкости отдельных продуктов, кДж/кг0С.

Теплоемкость отдельных продуктов принимается из таблицы или подсчитывается по формуле:

*ссм* = , (2.1.7.)



*а*– влажность продукта в процентах по массе;

*b* – *100-а* – сухие вещества, содержащиеся в продукте в процентах по

массе.

1,68 – средняя теплоемкость сухих веществ, кДж/кг0С;

*tK* – конечная температура загружаемых продуктов (температура

кипения), 0С;

*tСМ* – начальная средняя температура загружаемых продуктов,

определяемая из выражения:

*tСМ* = , (2.1.8.)



*t1, t2…tn* – начальная температура отдельных продуктов загружаемых в котел, 0С.

ΔW′′=17кг**.**0,02=0,34кг

Общее количество загруженных одновременно в макароноварку пельменей.

# Среднюю теплоемкость смеси, т.е. пельменей можно принять равной 1,68 кДж/кг0С

tСМ – начальная средняя температура загружаемых пельменей составляет –180С

*п*= =0,85**.**(40-3,92)/1,37=22,38



*GСМ=*13порций**.**1кг=13кг

Q1′′ =22,38кг**.**1,68**.**103Дж/кг0С(1000С+180С)+0,34кг**.**2258,2**.**103 Дж/кг =3344908Дж=3344,91кДж

###### 2.1.2. Определение потерь тепла в окружающую среду

Для определения потерь тепла макароноварки в окружающую среду при нестационарных и стационарных режимах можно воспользоваться следующей формулой:

, (2.1.9.)



где - потери тепла через стенки макароноварки в окружающую



среду, кДж;

- потери тепла через крышку макароноварки в окружающую



среду, кДж;

- потери тепла через дно макароноварки в окружающую среду, кДж.



Теплопотери через дно незначительны, поэтому при расчете не учитываются.

Потери тепла определяются по формуле:

*Q2* = ; (2.1.10.)



где *F* – поверхность ограждения (крышка, стенки), м2;

*α0* – коэффициент теплоотдачи от поверхности ограждения в окружающую среду, кДж/м2час. 0С;

*tп* – средняя температура поверхности ограждения, 0С;

*t0* – температура окружающей среды, 0С;

*τ* - продолжительность периода варки в часах.

В процессе отдачи тепла ограждением котла имеет место теплоотдача конвекцией и лучеиспусканием, поэтому коэффициент теплоотдачи в данном случае определяется по формуле:

*α0 = αк + αл,*  (2.1.11.)

где *αк* – коэффициент теплоотдачи конвекцией, кДж/м2час0С;

*αл* – коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием, кДж/м2час0С.

При определении коэффициента теплоотдачи конвекцией прежде всего необходимо выяснить характер теплообмена: происходит ли он при вынужденном или свободном движении воздуха, относительно теплоотдающей поверхности.

Надо помнить, что при вынужденном движении коэффициент теплоотдачи определяется при помощи критерия Рейнольдса *Re* и Прандтля *Pr*. Первый из них характеризует динамику потока, второй – физические константы рабочего тела.

Необходимо знать, что отдача тепла стенками аппарата в окружающую среду происходит при свободном движении воздуха, поэтому определяющими являются критерии Грасгофа *Gr* и Прандтля *Pr*. Первый характеризует интенсивность конвективных потоков, возникающих вследствие разностей плотностей рабочего тела (воздуха) и перепада температур между ними и стенкой аппарата с учетом геометрической характеристики теплоотдающей поверхности.

На основе определяющих критериев находится критерий Нуссельта *Nu*, включающий значение коэффициента теплоотдачи конвекцией и характеризующий собой тепловое подобие.

Указанные критерии имеют следующий вид:

*Re = ; Pr = ; Gr = ; Nu = ;*



где *а* – коэффициент температуропроводности воздуха, м2/с;

*g* – ускорение силы тяжести, м/с2;

*λ -* коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/м0С;

*β* - коэффициент объемного расширения воздуха, I/0С;

*β* = *,* (2.1.12.)



*αк* – коэффициент теплоотдачи конвекцией. Вт/м2⋅0С;

*l* – определяющий геометрический размер, м;

*v* – коэффициент кинематической вязкости воздуха, м2/с;

*Δt* – перепад температур между ограждением и воздухом

. (2.1.13.)



При свободной конвекции в неограниченном пространстве критериальное уравнение имеет вид:

Nu = c(Gr⋅Pr)n, (2.1.14.)

Величины *с* и *n* для отдельных областей изменения произведения (Gr⋅Pr) можно принять из таблицы 2.1.:

Таблица 2.1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Gr⋅Pr | с | п |
| 1⋅10-3 - 5⋅102  5⋅102 - 2⋅107  2⋅107 - 1⋅1013 | 1,18  0,54  0,135 | 1/8  ¼  1/3 |

Определяющим геометрическим размером при этом может являться диаметр котла или высота ограждения.

Определяющей температурой является полусумма температур рабочего тела (воздуха) и стенки.

Например, средняя температура одностенной крышки котла к концу разогрева составляла 900С, а начальная температура ее была 200С, тогда средняя температура крышки в период разогрева будет равна:

,



а определяющая температура воздуха вблизи крышки:

0,5(55+20)=37,50С.



По величине определяющей температуры воздуха выбирают по таблице физические параметры воздуха: коэффициент температуропроводности *а*, коэффициент теплопроводности *λ*, коэффициент кинематической вязкости *v*, затем находят произведение *(Gr⋅Pr)*, *с* и *n* и численную величину критерия *Nu*

По значению критерия Нуссельта определяется коэффициент теплоотдачи конвекцией

, (2.1.15.)



Коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием *αл* определяется по формуле Стефана-Больцмана:

*αл* = , (2.1.16.)



где *Е* – степень черноты полного нормального излучения поверхности, для различных материалов

*С0* – коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела, Вт/(м2⋅К4); *С0* = 5,67 Вт/(м2⋅К4);

*tп* – средняя температура теплоотдающей поверхности, 0С;

*t0* – температура окружающего поверхность воздуха, 0С;

*Тп* – абсолютная температура поверхности ограждения, К

*Тп* = *tп*+273

*Т0* – абсолютная температура окружающей среды, 0К

*Т0 = t0+*273

Нестационарный режим.

Для расчета потерь тепла в окружающую среду можно пользоваться формулой:

, (2.1.17.)



где *τ′* - время разогрева аппарата, час;

- коэффициент теплоотдачи от поверхности ограждения в окружающую среду, кДж/м2час0С;



- средняя температура поверхности ограждения за время разогрева, 0С



, (2.1.18.)



*tК* –температура поверхности ограждения к концу разогрева, 0С;

*tН* – начальная температура поверхности ограждения принимается равной температуре окружающей среды, 0С.

Температуру отдельных поверхностей макароновареи к концу разогрева можно принять:

а) для стен *tк* = 60 – 650С;

б) для одностенной крышки макароноварки *tк* = 85 – 900С;

в) для двухстенной крышки макароноварки *tк* = 70 –750С.

При определении коэффициента теплоотдачи конвекцией определяющая температура для воздуха, окружающего корпус (ограждение) будет равна:

, (2.1.19.)



1. Потери через крышку



0,5 (550С+200С)=37,50С – это определяющая температура воздуха вблизи крышки, по ней принимаем следующие величины:



*а=*2,43**.**10-3 м/с; *v=*16,96**.**10-4 м/с

*λ=*0,0276 Вт/м**.**0С=0,0276Дж/см**.** 0С =99,4Дж/ч**.**м**.** 0С

*Pr=*16,96**.**10-4 м/с/2,43**.**10-3 м/с=0,69

*β* = *=* 1/273+550С-200С=0,00325



*Gr = =*0,00325**.**9,8Н/кг**.**(0,7)3м /(16,96**.**10-4м/с)2**.**550С-200С=13,3**.**104



*(Gr⋅Pr)*=(13,3**.**104**.** 0,69)=9,2**.**104

*Nu=*0,54(13,3**.**104**.** 0,69)1/4=9,4

=9,4**.**99,44Дж/ч**.**м**.**0С/0,7м=1334,8Дж/м2ч**.**0С=1,3кДж/м2**.**ч**.**0С



С0=5,67Вт(м2**.**К4)=5,67Дж/с**.**м2К4=20412Дж/м**.**ч**.**К4

*αл* = =0,52**.**20412Дж/м**.**чК4**/**550С-200С**.( (**550С+273/100)4-(200С+273/100)4)=12750Дж/м2ч**.**0С=12,753кДж/м2ч**.**0С



*α0 = αк + αл=*1334,8 Дж/м2ч**.**0С+12750Дж/м2ч**.**0С =14084,8Дж/м2ч**.**0С=14,1кДж/м2ч**.**0С

*=*14084,8Дж/м2ч**.**0С**.**0,7м**.**0,42м**.(**550С-200С)**.**0,25ч=36233,15Дж=36,2кДж



#### Стационарный режим

При стационарном режиме потери тепла в окружающую среду определяется:

, (2.1.20.)



где - коэффициент теплоотдачи при стационарном режиме от поверхности в окружающую среду, кДж/м2час0С;



- средняя температура поверхности ограждения при стационарном режиме, 0С; ≈const для данной поверхности; принять равной температуре отдельных поверхностей к концу разогрева *tк*;



*τ′′* - продолжительность стационарного режима варки, час.

При определении коэффициента теплоотдачи конвекцией, определяющая средняя температура воздуха, соприкасающегося с ограждением, будет равна:

, (2.1.21.)



При этой температуре для стационарного режима выбираю физические параметры воздуха: коэффициент температуропроводности *α*, коэффициент теплопроводности *λ*, коэффициент кинематической вязкости *v*, затем определяют произведение (*Gr⋅Pr*), величины *с* и *n* и численную величину критерия *Nu*.

По значению критерия *Nu* при стационарном режиме определяется коэффициент теплоотдачи конвекцией



, (2.1.22.)



Коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием *αл* определяется по формуле Стефана-Больцмана:

=



2. Потери через крышку

=900С; =0,5(900С+200С)=550С, тогда



*а=*2,71**.**10-3 м/с; *v=*18,97**.**10-4 м/с

*λ=*0,0291 Вт/м**.** 0С =0,0291Дж/с**.**м**.** 0С =104,76Дж/ч**.**м**.** 0С

*Pr=*18,97**.**10-4 м/с/2,71**.**10-3 м/с=0,7

*β* = *=* 1/273+900С-200С=0,00292



*Gr = =*0,00292**.**9,8Н/кг**.**(0,7)3м /(18,97**.**10-4м/с)2**.**900С-200С=19**.**104



*(Gr⋅Pr)*=(19**.**104**.** 0,7)=13,3**.**104

*Nu=*0,54(13,3**.**104**.** 0,7)1/4=10,3

=10,3**.**104,76Дж/ч**.**м**.**0С/0,7м=1541,5Дж/м2ч**.**0С=1,5кДж/м2**.**ч**.**0С



С0=5,67Вт(м2**.**К4)=5,67Дж/с**.**м2К4=20412Дж/м**.**ч**.**К4

*αл* = =0,52**.**20412Дж/м**.**чК4**/**900С-200С**.**



**( (**900С+273/100)4-(200С+273/100)4)=15152,6Дж/м2ч**.**0С=15,2кДж/м2ч**.**0С

*α0 = αк + αл=*1541,5 Дж/м2ч**.**0С+15152,6Дж/м2ч**.**0С =16694,1Дж/м2ч**.**0С=16,7кДж/м2ч**.**0С

*=*16694,1Дж/м2ч**.**0С**.**0,7м**.**0,42м**.(**900С-200С)**.**0,12ч=41227,75Дж=41,2кДж



1.Потери тепла через стены при нестационарном режиме

=600С+200С/2=400С



0,5 (400С+200С)=300С – это определяющая температура воздуха вблизи стен, по ней принимаем следующие величины:



*а=*2,29**.**10-3 м/с; *v=*16**.**10-4 м/с

*λ=*0,0268 Вт/м**.**0С=0,0268Дж/см**.** 0С =96,48Дж/ч**.**м**.** 0С

*Pr=*16**.**10-4 м/с/2,29**.**10-3 м/с=0,69

*β* = *=* 1/273+400С-200С=0,0034



*Gr = =*0,0034**.**9,8Н/кг**.**(0,7)3м /(16**.**10-4м/с)2**.**400С-200С=8,9**.**104



*(Gr⋅Pr)*=(8,9**.**104**.** 0,69)=6,1**.**104

*Nu=*0,54(8,9**.**104**.** 0,69)1/4=8,5

=8,5**.**96,48Дж/ч**.**м**.**0С/0,7м=1171,5Дж/м2ч**.**0С=1,2кДж/м2**.**ч**.**0С



С0=5,67Вт(м2**.**К4)=5,67Дж/с**.**м2К4=20412Дж/м**.**ч**.**К4

*αл* = =0,52**.**20412Дж/м**.**чК4**/**400С-200С**.( (**400С+273/100)4-(200С+273/100)4)=11823,6Дж/м2ч**.**0С=11,8кДж/м2ч**.**0С



*α0 = αк + αл=*1171,5 Дж/м2ч**.**0С+11823,6Дж/м2ч**.**0С =12995,1Дж/м2ч**.**0С=12,99кДж/м2ч**.**0С

*Gr = =*0,0034**.**9,8Н/кг**.**(0,42)3м /(16**.**10-4м/с)2**.**400С-200С=1,9**.**104



*(Gr⋅Pr)*=(1,9**.**104**.** 0,69)=1,3**.**104

*Nu=*0,54(1,9**.**104**.** 0,69)1/4=5,8

=5,8**.**96,48Дж/ч**.**м**.**0С/0,7м=1332,3Дж/м2ч**.**0С=1,3кДж/м2**.**ч**.**0С



С0=5,67Вт(м2**.**К4)=5,67Дж/с**.**м2К4=20412Дж/м**.**ч**.**К4

*αл* = =0,52**.**20412Дж/м**.**чК4**/**400С-200С**.( (**400С+273/100)4-(200С+273/100)4)=11823,6Дж/м2ч**.**0С=11,8кДж/м2ч**.**0С



*α0 = αк + αл=*1332,3 Дж/м2ч**.**0С+11823,6Дж/м2ч**.**0С =13155,9Дж/м2ч**.**0С=13,2кДж/м2ч**.**0С

=12995,1Дж/м2ч**.**0С**.**0,7м**.**0,2м**.(**400С-200С)**.**0,25ч=9096,6Дж=9,1кДж



Одинаковых стен по площади 2, следовательно

9096,6Дж**.**2=18193,2Дж=18,2кДж

=13155,9Дж/м2ч**.**0С**.**0,42м**.**0,2м**.(**400С-200С)**.**0,25ч=5525,5Дж=5,5кДж



Одинаковых стен по площади 2, следовательно

5525,5Дж**.**2=11051Дж=11,1кДж

=18193,2Дж+11051Дж=29244,2Дж=29,2кДж



2.Потери тепла через стены при стационарном режиме

=600С; =0,5(600С+200С)=400С, тогда



*а=*2,43**.**10-3 м/с; *v=*16,96**.**10-4 м/с

*λ=*0,0276 Вт/м**.** 0С =0,0276Дж/с**.**м**.** 0С =99,36Дж/ч**.**м**.** 0С

*Pr=*16,96**.**10-4 м/с/2,43**.**10-3 м/с=0,698

*β* = *=* 1/273+600С-200С=0,0032



*Gr = =*0,0032**.**9,8Н/кг**.**(0,7)3м /(16,96**.**10-4м/с)2**.**600С-200С=15**.**104



*(Gr⋅Pr)*=(15**.**104**.** 0,698)=11**.**104

*Nu=*0,54(15**.**104**.** 0,698)1/4=9,7

=9,7**.**99,36Дж/ч**.**м**.**0С/0,7м=1376,8Дж/м2ч**.**0С=1,4кДж/м2**.**ч**.**0С



С0=5,67Вт(м2**.**К4)=5,67Дж/с**.**м2К4=20412Дж/м**.**ч**.К4**

*αл* = =0,52**.**20412Дж/м**.**чК4**/**600С-200С**.**



**( (**600С+273/100)4-(200С+273/100)4)=13072,3Дж/м2ч**.**0С=13,1кДж/м2ч**.**0С

*α0 = αк + αл=*13072,3Дж/м2ч**.**0С+1376,8Дж/м2ч**.**0С=14449,1 Дж/м2ч**.**0С=14,4 кДж/м2ч**.**0С

*Gr = =*0,0032**.**9,8Н/кг**.**(0,42)3м /(16,96**.**10-4м/с)2**.**600С-200С=3,2**.**104



*(Gr⋅Pr)*=(3,2**.**104**.** 0,698)=2,2**.**104

*Nu=*0,54(3,2**.**104**.** 0,698)1/4=6,6

=6,6**.**99,36Дж/ч**.**м**.**0С/0,42м=1561,4Дж/м2ч**.**0С=1,6кДж/м2**.**ч**.**0С



С0=5,67Вт(м2**.**К4)=5,67Дж/с**.**м2К4=20412Дж/м**.**ч**.К4**

*αл* = =0,52**.**20412Дж/м**.**чК4**/**600С-200С**.( (**600С+273/100)4-(200С+273/100)4)=13072,3Дж/м2ч**.**0С=13,1кДж/м2ч**.**0С



*α0 = αк + αл=*13072,3Дж/м2ч**.**0С+1561,4Дж/м2ч**.**0С=14633,7 Дж/м2ч**.**0С=14,6 кДж/м2ч**.**0С

=14449,1Дж/м2ч**.**0С**.**0,7м**.**0,2м**.(**600С-200С)**.**0,12ч=9709,8Дж=9,7кДж



Одинаковых стен по площади 2, следовательно

9709,8Дж**.**2=19419,6Дж=19,4кДж

=14633,7Дж/м2ч**.**0С**.**0,42м**.**0,2м**.(**600С-200С)**.**0,12ч=5900,31Дж=5,9кДж



Одинаковых стен по площади 2, следовательно

5900,31Дж**.**2=11800,62Дж=11,8кДж

= 19419,6Дж+11800,62Дж=31220,22Дж=31,2кДж



2.1.3.Определение расхода тепла на разогрев конструкции

Для выполнения расчета расхода тепла на разогрев конструкции последней ведется только для нестационарного режима работы аппарата. Надо помнить, что расход тепла на разогрев конструкции макароноварки определяется выражением:

, (2.1.23.)



где - тепло, расходуемое на нагревание металлических конструкций макароноварки, кДж;



**-** тепло, расходуемое на нагревание изоляции макароноварки, кДж;



, (2.1.24.)



где *Gmi* – масса *i*-го элемента металлической конструкции (крышка,

перфорированная поверхность, внутренний котел и т.п.), кг.

Для каждого элемента вес рассчитывается по формуле

, (2.1.25.)



где *Vi* – объем элемента *i*-ой конструкции, м3;

*ρi* – плотность материала элемента конструкции, кг/м3;

*cmi* – удельная теплоемкость материала конструкции, кДж/(кг⋅0С). Значение плотностей и удельных теплоемкостей отдельных материалов приведены в приложении В.

*Tmi* – средняя конечная температура нагрева металлоконструкции котла, 0С.

*t0* – начальная температура металлоконструкции котла, 0С.

Конечную температуру по элементам конструкции можно принять:

* внутренняя поверхность варочной емкости – 1000С;
* крышка макароноварки – 850С;
* наружные стены – 55-600С;

, (2.1.26.)



где *Gи* – вес изоляционной конструкции макароноварки, кг;



– толщина изоляционного слоя, м, определяется по формуле



, (2.1.27.)



где *λи* – коэффициент теплопроводности изоляционного материала в зависимости от средней температуры изоляции;

*q* =*α´0(tн.с-t0)*, Вт/м2, - удельные тепловые потери поверхности

изолированного котла;

*си* – теплоемкость изоляции, кДж/(кг⋅0С).

*tи* – средняя температура нагрева изоляции, 0С.

*tи* = , (2.1.28.)



где *tвар.ем* – температура частей изоляции, касающихся варочной

емкости, 0С;

*tн.с* – температура частей изоляции, касающихся наружных стен,0С

*t0* – начальная температура изоляции, равная температуре окружающей среды, 0С.

1. Нагревание крышки

Сталь нержавеющая: ρ=7800кг/м3; с=462Дж/кг0С

=0,7м**.**0,42м**.**0,001м=0,000294м3**.** 7800кг/м3=2,3кг



##### Q3 к=2,3 кг**.** 462Дж/кг0С(85-20)=69069Дж=69кДж

2. Разогревание бака

V=0,2**.**0,5**.**2**.**0,002+0,2**.**0,25**.**2**.**0,002+0,5**.**0,25**.**0,002=0,00085м3

=0,00085м3**.** 7800кг/м3=6,63 кг



Q3 б=6,63 кг**.** 462Дж/кг0С(100-20)=245044,8Дж=245кДж

3. Нагревание перфорированной поверхности

S=0,25м**.**0,5м=0,125м2; отверстий в перфорированной поверхности составляет 20% от общей площади, тогда площадь всех отверстий равна:

S=0,125**.**0,2=0,025м2

Sодного отверстия =ПD2/4=3,14**.**(0,004)2/4=12,5**.**10-6м2

Nколичество отверстий =0,025м2/12,5**.**10-6м2=2000шт

V1=0,25м**.**0,5м**.**0,001м=0,000125м3

V2=12,5**.**10-6м2**.**0,001м**.**2000шт=0,000025м3

V=0,000125м3-0,000025м3=0,0001м3

=0,0001м3**.** 7800кг/м3=0,78 кг



Q3 п.п=0,78 кг**.** 462Дж/кг0С(100-20)=28828,8Дж=28,8кДж

= 69Дж+245кДж+28,8кДж=342,8кДж



4. Нагрев теплоизоляции

*λи=*0,059+0,00026**.**(90+50/2)=0,0772Вт/(м**.**0С)

*q =α´0(tн.с-t0)=*3,65 Вт/м2**.**ч**.**0С(500С-200С)=109,5Вт/м2

=0,0772 Вт/(м**.**0С)**.**



(900С-500С)/109,5Вт/м2=0,028м=2,8см

*Fи=*0,2м**.**0,42м**.**2+0,2м**.**0,7м**.**2=0,448м2

=0,028м**.**0,448м2**.**30=0,37632кг



=0,37632кг**.**0,46**.**103**.**(900С-200С) =12116,86Дж=12,12кДж



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Расход тепла, кДж | Режим разогрева | Стационарный режим | Общий % от всех затрат |
| Полезно используемое тепло | 6610,3 | 3344,91 | 86,5 |
| Потери тепла в окружающую среду | 65,4 | 72,4 | 1,26 |
| Потери тепла на разогрев конструкции | 599,92 | - | 12,24 |
| Итого | 727562 | 3417,31 | 100 |

3 Методика расчета электронагревателей

Для выполнения расчета электронагревателя надо знать его мощность, допустимые удельные мощности на поверхности трубки тэна, номинальное напряжение, рабочую температуру и среду, в кото­рой будет работать нагреватель. Мощность электронагревателя определяется на основании мощности аппарата или его определенного узла, (жарочная поверхность, шкаф) и числа нагревателей в нем.

Мощность аппарата определяется из теплового баланса по формуле

, (3.2.1.)



где *Q* — максимальное тепло, подводимое к аппарату за время разогрева или стационарного режима (определяется из теплового баланса), Дж;

* — время разогрева или стационарного режима, с.

Мощность одного тэна *Рэ* определяется по формуле

, (3.2.2.)



где *п —* количество тэнов в аппарате, обусловленное назначением аппарата и схемой регулирования нагрева.

При расчете важно правильно выбрать диаметр проволоки. При завышении его потребуется большая длина проволоки, что вызовет перерасход дорогостоящего материала и увеличе­ние габаритов нагревателя, при занижении диаметра – спираль быстрее перегорит.

Для выполнения расчета по таблице 3.1. выбираем допустимую удельную мощность *W* на поверхности трубки тэна в зависимости от рабочей среды.

Таблица 3.1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рабочая среда | Рекомендуемый материал оболочки тэна | Удельная  мощность *W,* Вт / м2 |
| Вода  Жиры пищевые  Воздух | Нержавеющая сталь марки Х18Н10Т.  Ст. 10, Ст. 20 с защитным покрытием.  Ст. 10, Ст. 20 с защитным покрытием. | 11 104  3 104  2,2 104 |

Длина активной части трубки тэна после опрессовки *La* выбирается в зависимости от размеров, формы и схемы размещения тэнов в зоне нагрева или по формуле

, (3.2.3.)



где *D —* наружный диаметр трубки тэна, м.

Длина активной части тэна до опрессовки*Lа1* составляет

, (3.2.4.)



где *γ* — коэффициент удлинения трубки после опрессовки; принимается равным 1,15.

Полная длина трубки тэна после опрессовки *Lполн* составляет

(3.2.5.)



где *Lnолн*—длина пассивных концов трубки тэна; принимается в пределах 0,04—0,05 м.

Электрическое сопротивление проволоки тэна после опрессовки составляет

, (3.2.6.)



где *U—*напряжение сети, В.

Сопротивление проволоки тэна до опрессовки составляет

*Ro=R∙ar,* (3.2.7.)

где *ar.—*коэффициент изменения электрического сопротивления проволоки в результате опрессовки; принимается равным 1,3.

Зная *Ro,* можно вычислить диаметр и длинупроволоки спирали, пользуясь известными зависимостями:

, (3.2.8.)



где *d—*диаметр проволоки, м; принимается в пределах от 0,0004 до 0,001 м;

*S*—сечение проволоки, м2;

*l—*длина проволоки сопротивления (активная), м.

Длина проволоки тэна согласно формуле 3.2.9. будет равна

, (3.2.9.)



где *d—*принятый диаметр проволоки, м;

*ρ*—удельное сопротивление проволокипри рабочей температуре, определяемое по формуле, Ом⋅м2

*ρ= ρ20 [1+а(t—20)]*, (3.2.10.)

где *ρ20* —удельное сопротивление проволоки при 20° С; по таблице 3.1.;

*а* —температурный коэффициент сопротивления; принимается по таблице 3.1.

Таблица 3.1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка сплава | Удельное сопротивление, при 200С, Ом∙м | Температурный коэффициент сопротивления, 1/0С | Допустимая температура, 0С | |
| предельная | рабочая |
| Х15Н60  Х20Н80  Х13Ю4  0Х27Ю5А | (1,06…1,16) 10-6  (1,03…1,13) 10-6  (1,18…1,34) 10-6  (1,37…1,47) 10-6 | 0,17∙10-3  0,15∙10-3  0,15∙10-3  0,15∙10-3 | 1000  1100  1000  1300 | 950  1050  900  1250 |

Длина одного витка спирали в среднем составит

*l в=1,07π(dст+d),* *м*, (3.2.11.)

где *1,07*—коэффициент, учитывающий пружинность спирали при навивке;

*dст —* диаметр стержня для навивки спирали.

Число витков спирали составит

, (3.2.12.)



Расстояние между витками равняется

, (3.2.13.)



Для нормального отвода тепла от спирали необходимо, чтобы расстояние между витками превышало диаметр проволоки спирали в два-три раза. Однако чем больше расстояние между витками, тем лучше условия работы спирали и тем она долговечнее.

Преобразуя формулу 3.2.13., получим коэффициентшагаспирали

, (3.2.14.)



Потребное количество проволоки для одного элемента с учетом навивки на концы контактных стержней по 20 витков составит.

, (3.2.15.)



=7275,62кДж/900с=8,1кВт



=8,1кВт/6=1,35кВт



W=11**.**104Вт**.**м2

; *D=P/LаWП*



Найдем ширину тена: (0,5-2**.**0,05)/11=0,036м

R=0,018м

L=0,25-0,05-0,018=0,185м

=2**.**0,182+3,14**.**0,018=0,421м



*Lа= Lnолн* – 2*Ln*= 0,412-2**.**0,05=0,321м

*D=P/LаWП=*1,35кВт/0,321м**.**11**.**104м2**.**3,14=0,012м=12см

=0,321м/1,15=0,279м



=(220)2В/1496,7Вт=32,34Ом



*Ro=R∙ar, =*1,3**.**32,34=42,042Ом

;



*ρ= ρ20 [1+а(t—20)]*=1,34**.**10-6Ом**.**м (1+0,15**.**10-3(10000С-200С))=

1,537**.**10-6Ом.м

=42,042Ом**.**3,14**.**(0,4**.**10-3)2м/4/1,537**.**10-6Ом**.**м=3,44м



dвнут.=D-2=12мм-2=10мм

dст=10мм/2=5мм

*l в=1,07π(dст+d)=*1,07**.**3,14(0,005+0,5**.**10**-3**)=0,018м

=3,44м/18.10-3м=191витка



=0,321-191**.**0,4**.**10**-3**/191=0,00128м=1,28мм



=0,321м/191**.**0,4**.**10**-3**м=4,2



=3,37м+2**.**20**.**18**.**10**-3м=**4,09м



Заключение

В ходе выполнения курсового проектирования, пользуясь данными варианта, был составлен тепловой баланс макароноварки в период разогрева, состоящий из полезно используемого тепла, потерь тепла наружными поверхностями оборудования в окружающую среду, тепла, расходуемого на нагревание конструкции макароноварки.

На основе полученных результатов по тепловому балансу был произведен расчет производительности макароноварки и расчет трубчатых электронагревателей.

На основе произведенных расчетов был разработан чертеж конфигурации и месторасположения электронагревательных элементов оборудования и изображен электронагревательный элемент в разрезе с указанием конструктивных элементов.

Литература

1. Вышелесский А.Н. Тепловое оборудование предприятий общественного питания - М.: Экономика, 1976.-399 с.
2. Литвина Л.С., Фролова З.С. Тепловое оборудование предприятий общественного питания - М., : Экономика, 1987.-248 с.
3. Дорохин В.А. Тепловое оборудование предприятий общественного питания.- Киев, 1987 г.
4. Белобородов В.В., Гордон Л.И. Тепловое оборудование предприятий общественного питания - М.,: Экономика, 1983, - 303.
5. Гинзбург А.С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов- М.; Экономика, 1983,-303.
6. Литвина Л.С, Фролова З.С. Тепловое оборудование предприятий общественного питания. М.: «Экономика», 1969, - 311с.