***1.Назначение печи.***

*В данном курсовом проекте будет рассмотрена ванная печь непрерывного действия. Тип печи-регенеративная ,проточная с подковообразным направлением пламени. Конструктивно печь имеет варочный и выработочный бассейн, соединенные между собой по стекломассе протоком.*

*Для загрузки шихты и стеклобоя печь оборудована двумя герметизированными загрузочными карманами ,расположенными по ее боковым сторонам.*

*Варочный бассейн печи отапливается природным газом. Для отопления варочного бассейна, печь оборудована шестью горелками, расположенными с торцевой стены ванной печи, противоположной ее выработочной части.*

*Удаление дымовых газов из варочного бассейна стекловаренной печи осуществляется через систему дымовых каналов, оснащенных дымовоздушными клапанами, отсечным, поворотным шиберами и металлической дымовой трубой при помощи основного и резервного дымососов ДН-9У.*

*Для использования тепла отходящих дымовых газов, печь оборудована регенераторами с насадкой типа «Лихте» с ячейками 170х170.*

*Тепло отходящих газов используется также в котле-утилизаторе.*

*Производительность печи-70 тонн в сутки.Вырабатываемый ассортимент-бутылка из темнозеленого стекла.*

***2.Обоснование производительности.***

*Тип печи-регенеративная, проточная с подковообразным направлением пламени. Производительность печи-70 тонн в сутки. Форма и размеры выработочного бассейна приняты конструктивно из условия размещения одной машинолинии АЛ-118-2 (восьми секционная, двух-капельная). Автомат обслуживается одной бригадой из трех человек в смену(два машиниста и один наладчик стеклоформующей машины). Всего смены три. Вырабатываемый ассортимент- бутылка из темнозеленого стекла. Масса бутылки- 340 грамм. Количество резов составляет-80(в минуту). Коэффициент использования стекломассы (КИС)-0,95.*

*Данная стекловаренная печь предусматривает эффективную тепловую изоляцию стен и дна**бассейна,**стен пламенного пространства, горелок, сводов варочного, выработочного бассейнов, горелок и регенераторов, что заметно увеличит производительность стеклотары на данном участке производства.*

***3.Выбор удельного съема и расчет основных геометрических размеров печи.***

*Химический состав стекла:*

*SiO2-72 %*

*Fe2O3+AL2O3-2,3 %*

*Na2O+К2О-14%*

*CaO+MgO-11,5%*

*SO3-0,2%*

*Максимальная температура варки-1500˚C*

*В температурном интервале от 23 до 1500˚С вязкость стекол изменяется на 18 порядков. В твердом состоянии вязкость составляет примерно 1019 Па с, в расплавленном состоянии-10 Па с. Температурный ход вязкости показан на рисунке. При низких температурах вязкость меняется незначительно. Наиболее резкое снижение вязкости происходит в интервале 1015-107 Пас.*

***Кривая температурного хода вязкости.***

***Определяем основные размеры рабочей камеры.***

*Площадь варочной части печи, м2:*

*F=G\** ***103/g****;*

*Где G-производительность печи, кг/сутки;*

*g-удельный съем стекломассы с зеркала варочной*

*части, кг/(м2\*сут).*

*Принимаем g=1381 кг/(м2\*сут.).*

*Тогда F=70000/1381=50,68 м2.*

*Длина варочной части для печи с подковообразным направлением пламени рассчитывается из соотношения*

*L:B=1,2:1*

*L:B=1,2*

*L\*B=50,68*

*1,2\*х\*х=50,68*

*х2=50,68:1,2*

*х=6,5м (ширина B)*

*6,5\*1,2=7,8 м (длинаL)*

*Соотношение длины и ширины L/B=7,8/6,5=1,2*

*Ширина пламенного пространства на 120 мм больше ширины бассейна, т.е. 6,5+0,12=6,62 м*

*Высота подъема свода f=6,62/8=0,83 м.*

*Длина пламенного пространства 7,8+0,2=8 м.*

*Глубина бассейна: студочного мм , варочного мм.*

*Площадь студочной части при температуре варки 1500С принята равной площади варочной части:Fст= 50,68м2.*

*Ширина студочной части составляет 80% ширины варочной части: 6,5\*0,8=5,2 м. Принимаем ширину загрузочных карманов (6,5-0,9)/2=2,8 м, где 0,9 м – ширина разделительной стенки. Длина загрузочного кармана 1 м.*

***4.Обоснование распределения температур в печи.***

*Термический процесс, в результате которого смесь разнородных компонентов образует однородный расплав, называется стекловарением.*

*Сыпучую или гранулированную шихту нагревают в ванной печи, в результате чего она превращается в жидкую стекломассу, претерпевая сложные физико-химические взаимодействия компонентов, происходящие на протяжении значительного температурного интервала.*

*Различают пять этапов стекловарения: силикатообразование, стеклообразование, осветление (дегазация), гомогенизация (усреднение), студка (охлаждение).*

*Отдельные стадии процесса стекловарения следуют в определенной последовательности по длине печи и требуют создания необходимого температурного режима газовой среды, который должен быть строго неизменным во времени. Распределение температур по длине и ширине ванной печи зависит от свойств стекла и условий варки. При варке темнозеленого стекла температура в начале зоны варки (у загрузочного кармана) 1400-1420˚С, так как в этой части бассейна печи происходят нагрев, расплавление и провар шихты, т. е. завершение стадий силикатообразования, стеклообразования и частичное осветление стекломассы. Температура стекломассы у загрузочного кармана 1200-1250˚С. В зоне осветления температура газовой среды поддерживается максимальной-1500˚С, так как при такой температуре вязкость стекломассы снижается, происходит интенсивное осветление и завершается гомогенизация. В зоне студки температура газовой среды плавно понижается до 1240˚С, что приводит к увеличению вязкости стекломассы. В зоне выработки температурный режим устанавливается в зависимости от требований, необходимых для нормальной выработки стекломассы и формования из нее стеклоизделий.*

*Для установления стационарного температурного режима газовой среды в печи необходимо регулировать количество и соотношение топлива и воздуха, подаваемого в печь, тщательно их смешивать и своевременно отводить отходящие дымовые газы.*

*Возможность установления определенного температурного режима предусматривается конструкцией ванной печи.*

*На изменение температурного режима оказывает влияние давление газов в рабочей камере печи. Повышение давления до определенных пределов способствует более равномерному прогреву отдельных частей печи, так как объем рабочей камеры максимально заполняется пламенем. Создание разряжения в печи приводит к уменьшению распространения пламени и присосу холодного воздуха через отверстия. Это ухудшает равномерность распределения температур и вызывает понижение температур в тех участках печи, куда проникает холодный воздух.*

*Температурный режим печи зависит также и от температуры факела пламени и ее распределения по длине факела. Температура факела регулируется подачей воздуха.*

***5.Расчет горения топлива, действительной температуры факела и минимальной температуры подогрева воздуха.***

*Теплоту сгорания топлива определяют по его**составу:*

*Qн=358CH4+637C2H6+912C3H8+1186C4H10;*

*Qн=358\*93,2+637\*0,7+912\*0,6+1186\*0,6=35200 кДж/м3*

*Уравнения реакций горения составных частей топлива:*

*CH4+2O2=CO2+2H2O+Q;*

*C2H6+3,5О2=2СО2+3Н2О+Q;*

*C3H8+5O2=3CO2+4H2O+Q;*

*C4H10+6,5O2=4CO2+5H2O+Q.*

*Коэффициент избытка воздуха L=1,1.*

*Расчет горения сводим в таблицу:*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Состав топлива, %* | *Содержание газа, м3/м3* | *Расход воздуха на 1м3 топлива, м3* | | | | *Выход продуктов горения на 1 м3 топлива,м3* | | | | |
| *О2Т* | *О2Д* | *N2Д* | *VL* | *CO2* | *H2O* | *N2* | *O2* | *VД* |
| *CH4-93,2* | *0,932* | *1,864* | *1,96х1,1* | *2,16х*  *х3,76* | *2,16+*  *+8,10* | *0,932* | *1,864* | *-* | *-* | *2,796* |
| *С2Р6-0,7* | *0,007* | *0,025* | *0,014* | *0,021* | *Из воздуха* | *Из воздуха* | *0,035* |
| *С3H8-0,6* | *0,006* | *0,030* | *0,018* | *0,024* | *8,1* | *0,2* | *8,142* |
| *C4H10-0,6* | *0,006* | *0,039* | *0,024* | *0,030* | *-* | *-* | *0,054* |
| *N2-4,4* | *0,044* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *0,044* | *-* | *0,044* |
| *СО2-0,5* | *0,005* | *-* | *-* | *-* | *-* | *0,005* | *-* | *-* | *-* | *0,205* |
| *Сумма-100* | *1* | *1,96* | *2,16* | *8,1* | *10,26* | *0,993* | *1,939* | *8,144* | *0,2* | *11,276* |

*О2ТиО2Д-расход кислорода соответственно теоретический и действительный, при L=1,1; N2Д- действительный объем азота из воздуха; VL-действительный расход воздуха для горения 1 м3 газа; VД-объем продуктов горения на 1 м3 газа.*

***Объемный состав продуктов горения, %:***

*CO2=0,993\*100/11,28=8,80*

*H2O=1,939\*100/11,28=17,20*

*N2=8,144\*100/11,28=72,23*

*O2=0,2\*100/11,28=1,77*

*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

*Сумма-100*

***Определим расход топлива:***

*Составим тепловой баланс варочной части печи.*

***Приходная часть***

***1.****Тепловой поток ,поступающий при сгорании топлива, кВт:*

*Ф1=QнХ,*

*где Qн-теплота сгорания топлива,кДж/м3;*

*Х- секундный расход топлива, м3/с.*

*Ф1=35200Х кВт.*

*2. Поток физической теплоты, поступающий с воздухом, кВт:*

*Ф2=VLcвtвХ,*

*где VL-расход воздуха для горения 1 м2 топлива,м3;*

*tв- температура нагрева воздуха в регенераторе-горелке˚,С;*

*св-удельная теплоемкость воздуха при температуре нагрева(данные взяты из приложения), кДж/(м3˚С).*

*Принимаем температуру подогрева воздуха в регенераторе1100˚С и повышение температуры в горелкена 50˚С. Тогда Ф2=10,26\*1150\*1,455=17150Х кВт.*

*Потоками физической теплоты топлива, шихты и боя пренебрегаем ввиду их незначительности.*

*Общий тепловой поток будет равен:*

*Фприх.=35200Х+17150Х=52350Х кВт.*

***Расходная часть***

*1.На процессы стеклообразования, кВт:*

*Ф1=ng,*

*где п- теоретический расход теплоты на варку 1 кг стекломассы, кДж/кг;*

*g- съем стекломассы, кг/с.*

*Так как состав стекла и шихты в расчете не учитываются, то по данным Крегера, можно принять расход теплоты на получение 1 кг стекломассы и продуктов дегазации равным 2930 кДж/кг:*

*g=70\*1000/24\*3600=0,81 кг/с;*

*Ф1=2930\*0,81=2373 кВт ,*

*2.Тепловой поток, теряемый с отходящими из печи дымовыми газами, кВт:*

*Ф2=VДtДCДX,*

*Где VД -объем дымовых газов на 1м3 топлива, м3;*

*TД-температура уходящих из рабочей камеры дымовых газов, ˚С; принимается равной температуре варки*

*1500˚ С;*

*CД –удельная теплоемкость дымовых газов при их температуре, кДж/(м3\*˚С).*

*Удельную теплоемкость продуктов горения подсчитывают как теплоемкость смеси газов:*

*сД=cСО2 rCO2+cH2O rH2O+cN2 rN2+cO2rO2,*

*где r-объемная доля компонентов газовой смеси;*

*с-теплоемкость газов, кДж/(м3\*˚С);*

*СД1500=2,335\*0,0880+1,853\*0,172+1,444\*0,722+ +1,529\*0,0177=1,6 кДж/(м3\*˚С).*

*Определяем тепловой поток:*

*Ф2=11,28\*1500\*1,6Х=27072Х кВт.*

*3. Тепловой поток, теряемый излучением, кВт:*

*Ф3= ( СоφF(Т1/100)4-(Т2/100)4)/1000.*

*Где Со- коэффициент излучения, равный 5,7 Вт/(м2\*К4);*

*φ- коэффициент диафрагмирования;*

*F- площадь поверхности излучения, м2;*

*Т1иТ2- абсолютная температура соответственно излучающей среды и среды, воспринимающей излучение, К*

*а ) Излучение через загрузочный карман. Для расчета коэффициента диафрагмирования φ принимаем отверстие за прямоугольную щель высотой Н=0,2м, шириной равной ширине загрузочного кармана –1,7 м, толщиной арки δ=0,5 м.*

*Тогда*

*Н/δ=0,2/0,5; φ=0,4.*

*Рассчитаем площадь излучения:*

*F=1,7\*0,2\*2=0,68 м2 (так как загрузочных карманов два).*

*Принимаем температуру в зоне засыпки шихты t1=1400˚C,а температуру окружающего воздуха t2=20˚С.*

*Тогда*

*(Т1/100)4=78340 (Т2/100)4=73,7*

*Находим тепловой поток*

*Фа=(5,7\*0,4\*0,68(78340-73,7))/1000=121кВт.*

*б) Излучение во влеты горелок. Принимаем суммарную площадь влетов равной 3% площади варочной части:*

*F=50,68\*0,03=1,5 м2.*

*Высоту влетов предварительно принимаем равной 0,4м; форма отверстия – вытянутый прямоугольник, размеры которого Н=0,4; δ=0,5:*

*Н/δ=0,8(φ).*

*Принимаем среднюю температуру в пламенном пространстве варочной части t1=1450˚С, а температуру внутренних стенок горелок t2=1350˚С. Тогда(Т1/100)4=44205 и (Т2/100)4=33215.*

*Определяем тепловой поток:*

*Фб=5,7\*0,8\*1,5(44205-33215)/1000=75,2кВт.*

*Общий тепловой поток излучением*

*Ф3=Фа+Фб=121+75,2=196,2кВт.*

*4. Тепловой поток, теряемый на нагрев обратных потоков стекломассы, кВт:*

*Ф4=(п-1)gcст(t1-t2),*

*где п- коэффициент потока, представляющий собой отношение количества стекломассы, поступающей в выработочную часть, к вырабатываемой; п= 3,5;*

*сст-удельная теплоемкость стекломассы, кДж/(кг\*˚С);*

*t1 и t2 –температура соответственно прямого и обратного потоков стекломассы 1350 и 1250˚ С;*

*сст=0,1605+0,00011tст=0,3ккал/(кг\*град)\*4,19=1,26кДж/ /(кг\*˚С);*

*Ф4=(3,5-1)0,81\*1,26\*100=255,15 кВт.*

*5.Тепловой поток, теряемый в окружающую среду через огнеупорную кладку, кВт:*

*Ф5=(tвн - tв/∑ δ/λ+1/α2)\*F,*

*где tвн- температура внутренней поверхности кладки, ˚С*

*tв- температура окружающего воздуха,˚ С;*

*δ-толщина кладки, м;*

*λ-теплопроводность огнеупора данного участка, Вт/(м\*˚С);*

*α2-коэффициент теплоотдачи от наружной стенки окружающему воздуху, Вт/(м2\*˚С).*

*Если принять*

*(tвн - tв/∑ δ/λ+1/α2=q,*

*то формула теплопередачи примет вид, кВт:*

*Ф5=qF.*

*Плотность теплового потока выбираем по таблице, в зависимости от температуры внутренней поверхности кладки и термического сопротивления ее r=Σδ/λ; при двуххслойной стенке*

*r=δ1/λ1+δ2/λ2 ,*

*Рассчитываем площади поверхностей, ограждающих печь. Принимаем средние размеры варочной части:*

*по длине бассейна*

*7,8+0,12=7,92м;*

*по ширине бассейна*

*6,5+0,4=6,9м,*

*по длине пламенного пространства*

*8+0,4/2=8,2м;*

*по ширине пламенного пространства*

*6,62+0,4=7,02м,*

*где 0,4м – торцовой и боковых стен пламенного пространства.*

1. *Площадь дна*

*Fдна=Fв.ч.+ Fз.к. ,*

*К площади варочной части добавляют площадь дна загрузочного кармана, т.е.*

*Fв.ч.=7,92\*6,9=54,6м2 ;*

*Fз.к.=6,9\*1,6=11,04м2;*

*Fдна=54,6+11,04=65,64м2.*

1. *Площадь стен бассейна. Верхний F1 и средний F2 ряды имеют одну и ту же площадь:*

*F1, F2 =(7,92+1,6)\*0,6\*2+6,9\*0,6=11,42+4,14=15,56 м2.*

*Складываем площади двух продольных и поперечной стены с учетом площади продольных стен загрузочного кармана.*

*Нижний ряд F3*

*F3=(7,92+1)\*0,4\*2+6,9\*0,4=9,89 м2.*

1. *Площадь стен пламенного пространства*

*Fп.п.=2Fпрод.+Fторц.-Fвл.*

*Принимаем предварительно высоту стены пламенного пространства равной 1 м.*

*Fпрод.=8,2\*1=8,2 м2.*

*Площадь Fторц. Определяют по эскизу.*

*Определяем площади F1,F2,Fк: при этом Fторц.=F1+F2-2Fк.*

*Где F1,F2 и Fк – площадь сегмента, прямоугольника и под арками загрузочных карманов.*

*Для определения площади сегмента применяем упрощенную формулу:*

*Fсегм. =2/3bf,*

*где b-длина хорды;*

*f-стрела подъема свода, равная 1,02м.*

*Тогда*

*Fсегм.= F1=2/3\*7,02\*1,2 =5,76м2;*

***6.Обоснование выбора печестроительных материалов.***

*Выбор огнеупоров для кладки стекловаренных печей определяется их химическим составом и свойствами, а также химическим составом стекломассы и зависит от конструкции и режима эксплуатации печей.*

*Для кладки основных элементов стекловаренной печи использованы следующие огнеупорные материалы:*