

ВВЕДЕНИЕ

Строительство крупных хлебозаводов в нашей стране началось в 30-х годах прошлого столетия. Сначала хлебопекарные печи для заводов и пекарен копировали с печей иностранных фирм.

Для разработки отечественных конструкций хлебопекарных печей необходимо было создание конструкторских и научно-исследовательских организаций.

В эти годы в стране стали основывать исследовательские и учебные институты.

В 1930 г. для подготовки специалистов-технологов и механиков по специальности хлебопечение в Москве образован учебный институт.

В 1931 г. основан Всесоюзный научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности (ВНИИХП); для изучения и разработки новых конструкций хлебопекарных печей при нем была создана физико-техническая лаборатория (ФТЛ) под руководством профессора Н. И. Краснопевцева. В этой лаборатории И. И. Маклюков разработал методику расчета теплового баланса хлебопекарных печей, а также методики расчета основных конструктивных узлов печи: пекарной камеры, обогревательных каналов, кроме того методы определения мощности нагревателей в печах с электрическим обогревом и сделал тепловой расчет кондитерских печей с газовым обогревом (1931–1938).

В 1939 г. в стенах лаборатории была разработана отечественная хлебопекарная печь ФТЛ-2 (автор — Н. И. Краснопевцов), которая прошла теплотехнические испытания и была рекомендована к серийному производству. Теплотехнический расчет для этой печи был выполнен по созданной методике теплового расчета хлебопекарных печей.

Разработанные методики расчета и описание конструкций хлебопекарных печей вошли в первое издание учебника (М.: Пищепромиздат, 1940).

Созданный в 1930 г. Московский технологический институт пищевой промышленности (вначале он назывался «Московский институт хлебопекарной промышленности») использовал данный учебник в процессе подготовки специалистов технологов и механиков по курсу «Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства».

ВВЕДЕНИЕ

В последующих изданиях учебника (2-е и 3-е изд.) был представлен новый материал, включавший описание новых конструкций хлебопекарных печей, которые появились на хлебозаводах страны с момента первого издания.

В ряде европейских стран — Германии, Италии, Великобритании — появились хлебопекарные и кондитерские печи с принципиально новой системой канального обогрева. В этих системах применена рециркуляция продуктов сгорания. Такие печи изготовлены из металла, а не из кирпича, и обладают рядом существенных преимуществ — значительно снижен расход топлива, вес печей значительно меньше по сравнению с кирпичными печами.

В 4-е издание учебника вошли описания конструкций печей с рециркуляцией продуктов сгорания, методика расчета таких печей, разработанная В. И. Маклюковым (глава 8). Кроме того, в учебнике опубликованы результаты исследований В. И. Маклюкова: методика расчета и описание конструкций парового увлажнения разных фирм (глава 4).

В предлагаемом 5-м издании В. И. Маклюковым весь материал существенно переработан, включены новые главы, описывающие историю создания конструкций хлебопекарных печей от Древнего Рима до наших дней (глава 2). Значительно дополнена глава 3, где приведены результаты исследований процессов, происходящих в хлебе во время выпечки. В описании этих процессов показано, как происходит увеличение объема хлеба и образуется форма подовых сортов хлеба в процессе выпечки, а также способы управления этими процессами. Всесторонне описан процесс формирования ароматического комплекса хлеба при выпечке. Учебник дополнен главой 12, где приведены основы конструирования и технологической наладки хлебопекарных печей. Для облегчения изучения методики теплового расчета хлебопекарных печей в каждом разделе даны примеры расчетов отдельных узлов, в главе 13, например, дан полный тепловой расчет современной хлебопекарной печи.

Все материалы, опубликованные в книге, помогут студентам изучить конструкции и принцип действия хлебопекарных печей от самых простых жаровых печей (старинных «русских печей») до современных канальных печей с рециркуляцией продуктов сгорания.

Данная книга может быть полезна работникам хлебозаводов и организаций, занимающихся пусконаладочными работами хлебопекарных печей.

1

ЭЛЕМЕНТЫ И МЕХАНИЗМЫ СОВРЕМЕННОГО ПЕЧНОГО АГРЕГАТА

1.1. ПЕЧНОЙ АГРЕГАТ Г4-ХПН-25

Современная промышленная печь хлебопекарного производства является сложным агрегатом, состоящим из тепловых, механических, автоматических и других устройств.

Описание элементов и механизмов печного агрегата сделано на примере хлебопекарной печи Г4-ХПН-25, которая разработана Шебекинским машиностроительным заводом (ШМЗ) с тоннельной пекарной камерой, канальным обогревом и применением рециркуляции продуктов сгорания.

На рис. 1.1 показан продольный разрез печи. Выпечка хлеба осуществляется в пекарной камере, поэтому в ней размещены все устройства, необходимые для осуществления процесса выпечки. В печи Г4-ХПН-25 в пекарной камере четыре зоны. В первой зоне размещено пароувлажнительное устройство 15, которое состоит из труб, размещенных поперек пекарной камеры. В трубах просверлены отверстия с определенным шагом. В них подается влажный насыщенный пар низкого давления. Шаг отверстий рассчитан так, чтобы пар равномерно заполнял первую зону, которая называется зоной увлажнения. В зоне увлажнения пар перемешивается с воздухом пекарной камеры и образуется влажный воздух. Для проведения эффективного процесса увлажнения поверхности тестовых заготовок относительная влажность среды должна составлять 70–90 %. Следующие зоны пекарной камеры являются обогревательными. В печи три обогревательные зоны. В каждой обогревательной зоне размещены каналы сверху и снизу. В первой обогревательной зоне — 17 и 19, во второй — 6 и 21, в третьей — 5 и 25. В печи применены плоские каналы. Канал — это устройство, при помощи которого теплота передается в пекарную камеру. В каналы по газоходам из топки подаются продукты сгорания (теплоноситель) с высокой температурой, они нагревают стенки каналов. Через теплопередающие стенки (стенки канала, обращенные в пекарную камеру) теплота передается в пекарную камеру. Каждый канал имеет регулировочные шиберы (16, 20 и 23), при помощи которых можно регулировать количество

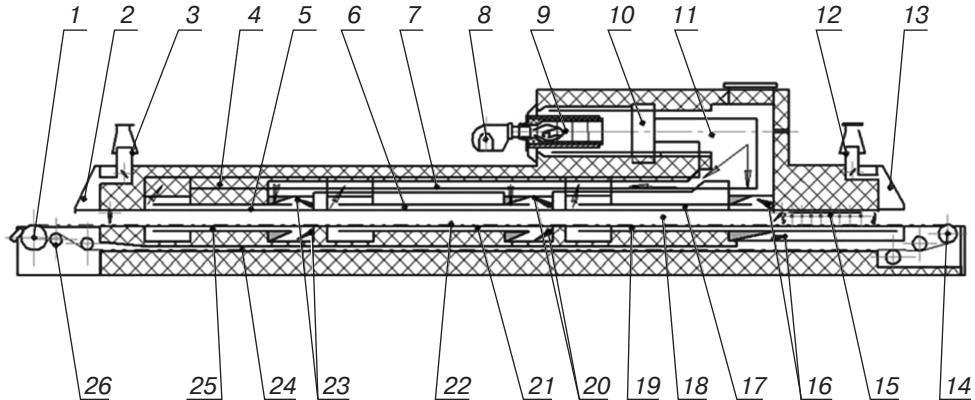


Рис. 1.1. Хлебопекарная печь Г4-ХПН-25:

1 — барабан конвейера; 2 — зонд для удаления пара; 3 — труба для удаления пара; 4 — тепловая изоляция; 5 — верхний канал в первой обогревательной зоне; 6 — верхний канал во второй обогревательной зоне; 7 — газоход для отработанных продуктов сгорания; 8 — горелка; 9 — камера сгорания; 10 — камера смешения; 11 — газоход; 12 — труба для удаления паров упека; 13 — зонд для удаления паров упека; 14 — барабан конвейера натяжной; 15 — газоход для удаления паров упека; 16 — шибера для регулирования подачи продуктов сгорания в каналы первой обогревательной зоны; 17 и 19 — верхний и нижний обогревательные каналы в первой обогревательной зоне; 18 — пекарная камера тоннельного типа; 20 — регулировочные шибера каналов (21 и 22) во второй обогревательной зоне; 23 — регулировочные шибера каналов (5 и 25) в третьей обогревательной зоне; 24 — нижняя ветвь конвейера; 26 — натяжной барабан конвейера

теплоносителя, проходящего через каналы, и тем самым регулировать количество тепла, передаваемого в пекарную камеру в каждой зоне. В печах, где имеется много регулируемых зон обогрева, создается возможность выпекать широкий ассортимент хлеба и хлебобулочных изделий.

Для транспортировки выпекаемой тестовой заготовки (ВТЗ) через пекарную камеру в печи применяется ленточный сетчатый конвейер. Рабочая ветвь конвейера 22 проходит в пекарной камере 18. Конвейер имеет приводной барабан 1, натяжной барабан 26, центрирующий барабан 14 и подсобные барабаны для направления ленты конвейера. Холостая ветвь конвейера проходит под печью в теплоизолированной камере. Для подогрева сетки перед посадкой на нее тестовых заготовок используется нижний обогревательный канал 19. Сетчатый конвейер при поступлении в зону увлажнения должен иметь температуру 80–100 °С, для того чтобы не происходила на нем и на нижней поверхности тестовых заготовок конденсация пара. Если на нижней поверхности ВТЗ произойдет конденсация пара, то тестовые заготовки будут прилипать к сетке ленты конвейера. На производстве для устранения прилипания сетку смазывают растительным маслом как антиадгезионным средством.

Для удаления избытка пара в печи предусмотрен вытяжной зонд 13 и труба для удаления пара 12. Для удаления паров упека в конце печи имеется зонд 2 и труба 3.

Обогревательная система печи состоит из топочного устройства, которое включает камеру сгорания 9, камеру смешения 10, газоход 11 и каналы, размещенные в пекарной камере, рассмотренные ранее. Работу обогревательной системы рассмотрим по схеме (рис. 1.2).

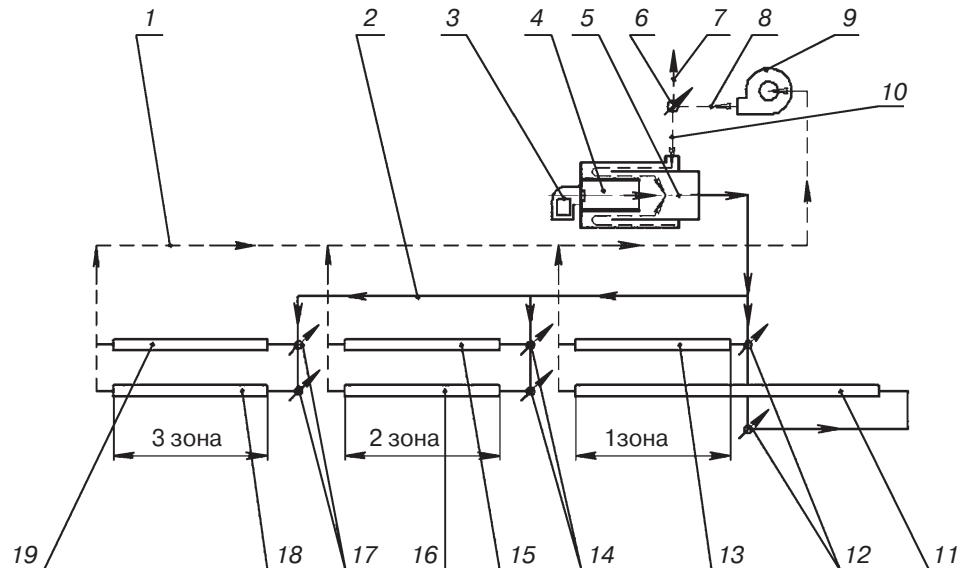


Рис. 1.2. Схема обогревательной системы печи Г4-ХПН-25

При помощи горелки 3 производится сжигание топлива в камере сгорания 4. Температура образовавшихся продуктов сгорания очень высокая 1500–1800 °C. При такой высокой температуре образовавшихся газов металлические газоходы и каналы могут быстро прогореть. Поэтому в современных печах применяют рециркуляцию продуктов сгорания, которая заключается в том, что часть отработанных продуктов сгорания с низкой температурой 250–300 °C направляют при помощи вентилятора 9 в топочное устройство. Продукты сгорания, направляемые в топочное устройство, называют рециркуляционными газами. В камере смешения происходит перемешивание горячих топочных газов с относительно холодными рециркуляционными, в результате образуется смесь газов с температурой 400–550 °C. При такой температуре газов газоходы и каналы, выполненные из углеродистой стали, могут работать длительное время. Смесь газов по газоходу 2 распределяется по каналам 11 и 13, расположенным в первой обогревательной зоне пекарной

камеры, 15 и 16 — во второй зоне, 18 и 19 — в третьей зоне. Каждый канал имеет регулировочные шибера: 12, 14 и 17. Смесь газов, проходя по каналам, передает теплоту в пекарную камеру, в результате чего они охлаждаются. Отработанные газы по газоходу 1 попадают в рециркуляционный вентилятор 9. Из вентилятора часть продуктов сгорания выбрасывается в дымовую трубу 7, а другая часть — рециркуляционные газы — направляются по газоходу 10 в топку. Количество рециркуляционных газов можно регулировать при помощи шибера 6.

Основная задача хлебопекарной печи — выпекать хлеб высокого качества. Поэтому все элементы конструкции печи предназначены для решения этой задачи. Для понимания принципа действия различных элементов конструкций печи необходимо знать процессы, протекающие в ВТЗ при выпечке. Изучению этих процессов будет посвящен специальный раздел учебника глава 3.

Принцип действия рассмотренной конструкции печи аналогичен принципу других современных печей с канальной системой обогрева и рециркуляцией продуктов сгорания. Конструктивные особенности печей разных форм будут рассмотрены в других разделах.

1.2. ПЕКАРНАЯ КАМЕРА

Как видно из краткого описания печного агрегата Г4-ХПН-25, рабочая, или пекарная, камера является важнейшим элементом печного агрегата, в котором сосредоточены теплообменные и увлажнятельные устройства, средства для перемещения продукции и другие приспособления. В пекарной камере происходят разнообразные процессы. Тестовые заготовки, поступающие в пекарную камеру, подвергаются воздействию тепла и паровоздушной смеси в зоне увлажнения, вследствие чего в выпекаемой тестовой заготовке (ВТЗ) происходят теплофизические, биохимические и другие сложные процессы. В результате этого тестовая заготовка превращается в готовое изделие. Совокупность процессов, происходящих в пекарной камере и в ВТЗ, в результате которых из тестовой заготовки получается готовая к употреблению продукция, называется процессом выпечки, о котором подробно написано в главе 3. Чтобы обеспечить выпечку продукции высокого качества, в пекарной камере должны быть созданы оптимальный тепловой режим на протяжении всего времени выпечки и режим увлажнения тестовых заготовок.

Пекарные камеры современных печных агрегатов хлебопекарного, кондитерского, бараночного производства выполняются тупиковыми, тоннельными и проходными.

В печах с тупиковыми пекарными камерами посадка тестовых заготовок и выгрузка готовых изделий осуществляется с одной стороны,

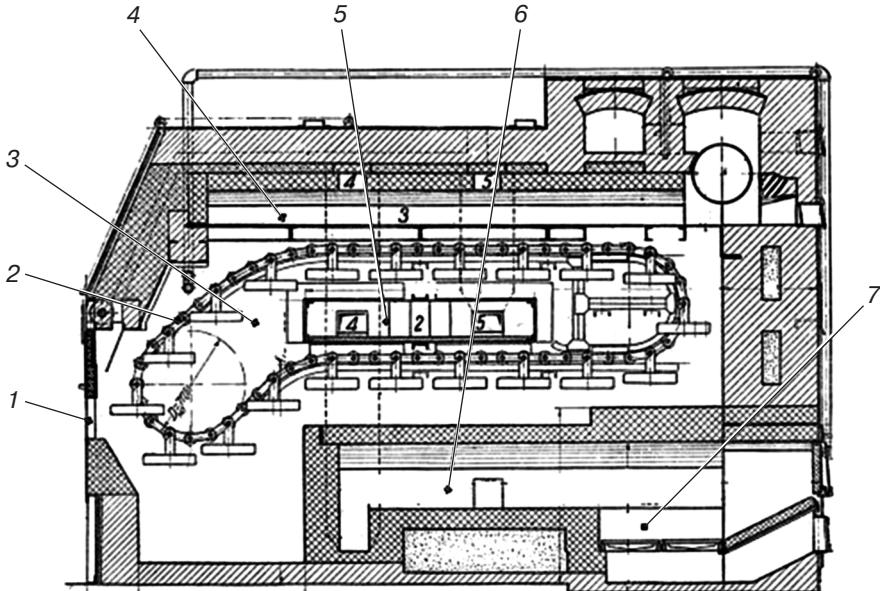


Рис. 1.3. Хлебопекарная печь ФТЛ-2 модели 1939 года

через одно и то же окно 1 (рис. 1.3). В пекарной камере 3 размещены: люлечко-подниковый конвейер 2, обогревательные каналы — верхний 4, средний 5 и нижний 6, который совмещен с топкой 7.

В пекарной камере располагается четное число рабочих ветвей конвейерного пода: две или четыре. Преимущество печей с тупиковой пекарной камерой заключается в том, что все ветви конвейера являются рабочими. При одной и той же производительности печь с тупиковой пекарной камерой занимает меньше места в печном зале по сравнению с печью с тоннельной пекарной камерой. Недостатком печей с тупиковой пекарной камерой является сложность создания регулируемых обогревательных зон и механизация посадки тестовых заготовок.

За последние десятилетия появился новый тип хлебопекарных печей — ротационные печи. Пекарная камера в этих печах тупикового типа. В пекарную камеру ввозят стеллажную вагонетку с тестовыми заготовками. Для того чтобы изделия равномерно обогревались, вагонетка вращается. Поэтому такие печи назвали роторными. На рис. 1.4 показан один из вариантов конструкции таких печей. В пекарной камере размещена вагонетка 1, которая состоит из стеллажей 9 с ВТЗ. Вагонетка имеет колеса и ее вручную закатывают на площадку рамы 2. Рама с вагонеткой во время выпечки вращаются. Обогрев в печи осуществляется горячим воздухом. Основная доля тепла к ВТЗ передается путем конвекции. Нагрев воздуха в печи осуществляется в калорифере,

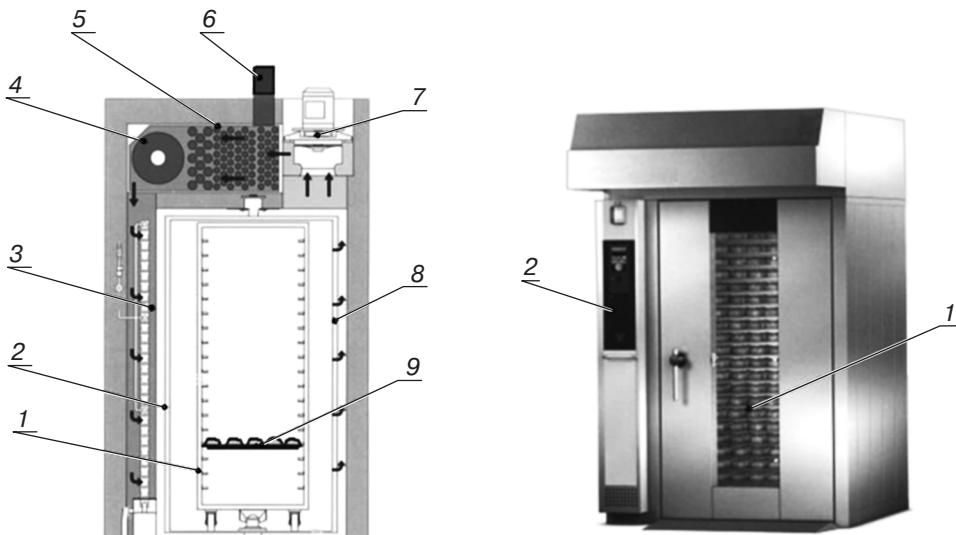


Рис. 1.4. Роторная печь:
а — продольный разрез; б — внешний вид

который состоит из топки 4, где сжигают газ или жидкое топливо, труб калорифера 5. При помощи вентилятора 7 воздух обтекает снаружи горячие трубы калорифера, нагревается и по распределительному газоходу 3 направляется в пекарную камеру. Проходя вдоль стеллажей с ВТЗ тепло от горячего воздуха прогревает изделия, охлажденный воздух по газоходу 8 направляется к вентилятору 7, который нагнетает воздух в калорифер, процесс циркуляции воздуха продолжается. Продукты сгорания из топки проходят внутри труб калорифера, передают тепло воздуху, а охлажденные газы выбрасываются в дымовую трубу 6.

Внешний вид печи показан на рис. 1.4, б. Дверь печи имеет большие размеры высота и ширина имеют соответствующие размеры пекарной камеры. Управление тепловым режимом печи осуществляется при помощи системы автоматического регулирования, размещенного на щите 2.

Еще одно направление в печной технике — это многоярусные печи с тупиковыми пекарными камерами. Под в таких печах может быть стационарный или конвейерный (рис. 1.5).

В этой печи четыре пекарные камеры 3, которые расположены одна над другой. Обогрев пекарных камер канальный. Каналы расположены в каждой камере сверху и под подом 4. Горелка 1 и топка 2 расположены внизу под пекарными камерами. Из топочного устройства по газоходу 7 продукты сгорания попадают в каналы. Отработанные газы при помощи вентилятора 6 частично выбрасываются в дымовую трубу 5, а другая часть — рециркуляционные газы направляется в топочное устройство.

Загрузка тестовых заготовок осуществляется либо вручную, или с помощью специального устройства. Разгрузка готовых изделий производится вручную. Более совершенные ярусные печи имеют конвейерный под (рис. 1.6).

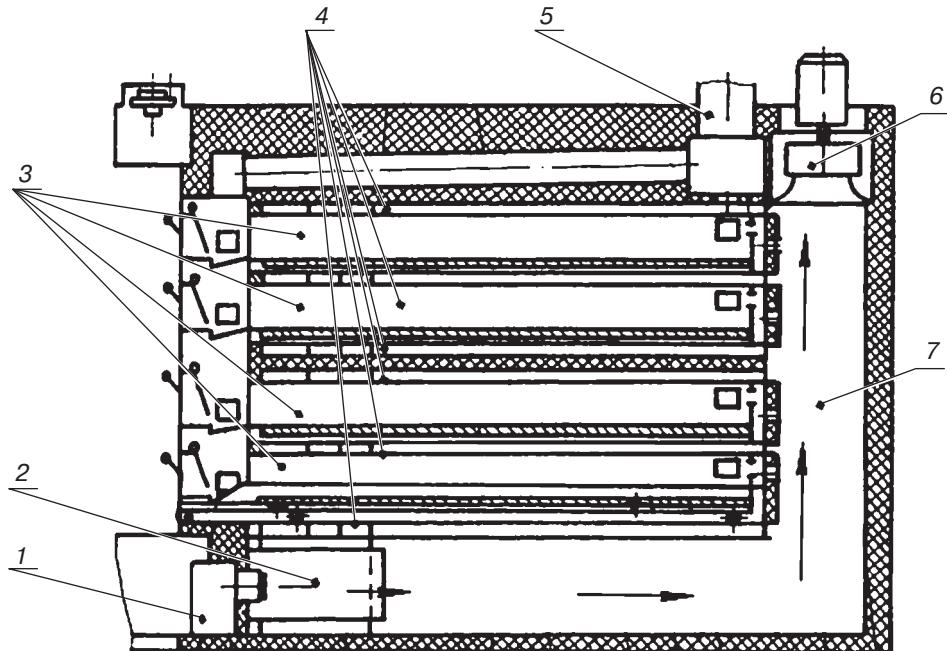


Рис. 1.5. Четырехъярусная хлебопекарная печь с тупиковыми пекарными камерами

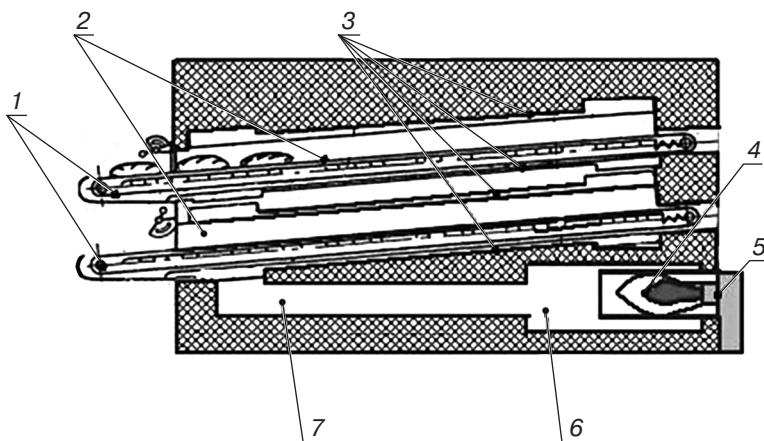


Рис. 1.6. Печь двухъярусная с тупиковыми пекарными камерами

В пеки две пекарные камеры 2, в каждой камере размещен конвейер 1. Пекарная камера имеет канальный обогрев 3. Система обогрева состоит из топочного устройства, включающего камеру сгорания 4, камеру смешения 6, горелку 5. Продукты сгорания по газоходу 7 распределяются по каналам 3. В этой печи загрузка тестовых заготовок и разгрузка готового хлеба механизированы.

В печах с тоннельной пекарной камерой посадка тестовых заготовок производится с одной стороны, а выгрузка готовых изделий с противоположной стороны (рис. 1.1).

В пекарной камере тоннельной печи две ветви пластинчатого или сетчатого конвейерного пода: верхняя — рабочая, нижняя — холостая ветвь.

В печах с проходными пекарными камерами (рис. 1.7) посадка тестовых заготовок и выгрузка готовых изделий производится с противоположных сторон — так же, как и в тоннельной печи. В пекарной камере таких агрегатов располагается нечетное число рабочих ветвей люлечноподикового конвейера: три, пять, реже семь. Холостая ветвь конвейера во многих случаях располагается вне пекарной камеры.

Печь АЦХ имеет трехниточный конвейер 8, который движется по направляющим 5. Загрузка тестовых заготовок производится через посадочное окно 7, а разгрузка готовых изделий через окно 1. Холостая ветвь конвейера 2 направляется через верхнюю часть печи в расстойный шкаф. Привод конвейера расположен в верхней части печи 3. Обогрев пекарной камеры 6 производится при помощи трубок Перкинса 4.

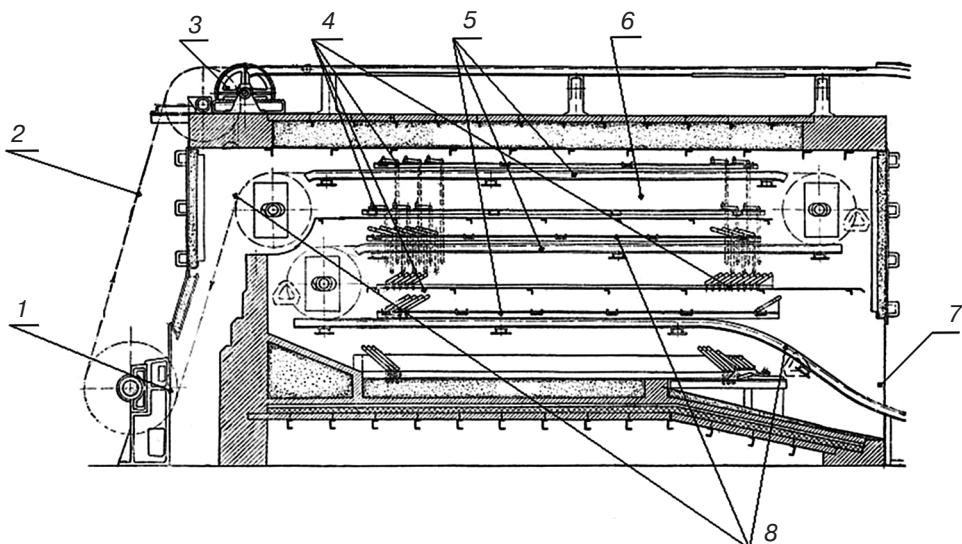


Рис. 1.7. Хлебопекарная печь АЦХ с проходной пекарной камерой

1.3. ТОПКИ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ТОПОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

У большинства хлебопекарных, кондитерских, бараночных и других печей имеется одна или несколько топок или специализированных топочных устройств. В топках сжигается твердое, жидкое и газообразное топливо. Топки и специализированные топочные устройства хлебопекарных печей отличаются от топок других энергетических агрегатов тем, что они характеризуются небольшими размерами и относительно малым расходом топлива (10–75 кг/ч условного топлива). Топки печей делятся на две основные группы, к первой из которых относятся слоевые топки для сжигания твердого топлива, ко второй — камерные топки для сжигания газа и жидкого топлива. Ко второй группе относятся также топочные устройства хлебопекарных печей с рециркуляцией продуктов сгорания.

Слоевые топки бывают двух типов: к первому из них относятся топки, совмещенные с нижним каналом печи (например, топки печей ФТЛ-2, ФТЛ-20 и др.), а также вертикальные топки печей с пароводяным или комбинированным обогревом (в печах АЦХ, ХПА-40 и др.).

Слоевая топка первого типа (рис. 1.8) пригодна также для сжигания газового и жидкого топлива. Приведенный первый тип слоевой топки 1 совмещен с нижним каналом.

Для сжигания газа в слоевой топке колосниковую решетку закрывают одним или двумя рядами шамотного кирпича 3. Для улучшения процесса горения газа делают еще горку 2 из битого шамотного кирпича.

Механизация малых топок для сжигания твердого топлива является весьма необходимой, но до сих пор остается нерешенной. Для слоевых топок применяются унифицированные плиточные колосники размером 200×400 мм с различной формой отверстий и разным живым сечением. На место топочной дверцы устанавливают горелку 4. В случае сжигания твердого топлива шамотный кирпич 3 убирают. Воздух, необходимый для горения твердого топлива, поступает через поддувало 5 под колосниковую решетку 6 к топливу.

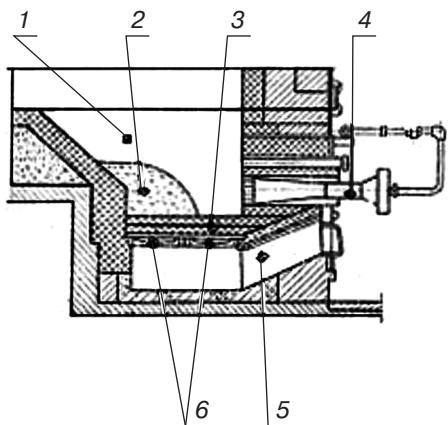


Рис. 1.8. Слоевая топка печи ФТЛ-2

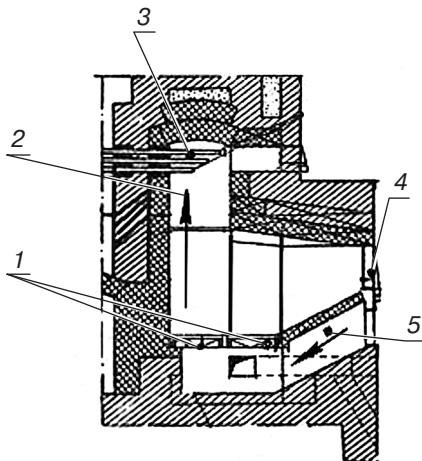


Рис. 1.9. Топка слоевая вертикальная

Топочное устройство состоит из камеры сгорания 2 и камеры смешения 1. Стенки цилиндрической камеры сгорания выполнены из легированной стали. Внутренняя поверхность камеры сгорания футерована шамотным фасонным (полукруглым) кирпичом 3 класса А. Горелочное устройство 6 крепится к фланцу топки. Цилиндрическая камера смешения 1 выполнена из легированной стали.

Вертикальная топка для печи ХВЛ, ХПА-40 показана на рис. 1.9.

Сжигание твердого топлива происходит на колосниковых решетках 1. Подача воздуха к топливу, лежащему на колосниковой решетке, происходит через поддувало 5. Продукты сгорания поднимаются по вертикальной части топки 2 и омывают топочные концы трубок Перкинса. Топливо в топку забрасывают через окно топки 4.

В качестве примера конструкции топочного устройства печи с рециркуляцией продуктов сгорания приведено топочное устройство (рис. 1.10).

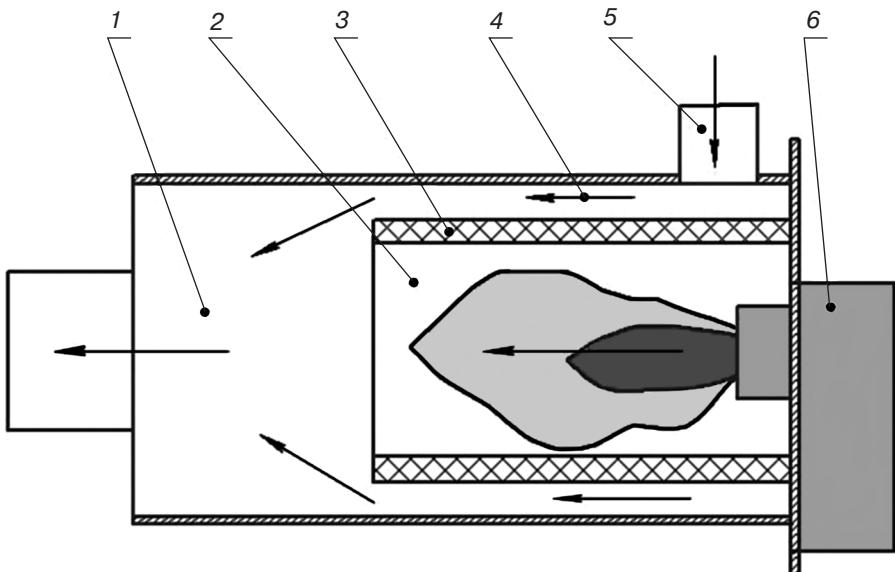


Рис. 1.10. Топочное устройство в печах с рециркуляцией продуктов сгорания

Наружная поверхность камеры сгорания 2 охлаждается рециркуляционными газами, которые поступают в газоход 5, и далее движутся по газоходу 4, охлаждая наружные стенки камеры сгорания. Газоход 5 так направлен относительно стенок камеры сгорания, что обеспечивается вращательное движение рециркуляционных газов вокруг ее стенок. Вращательное движение рециркуляционных газов с температурой 250–300 °C улучшает смешение с топочными газами с температурой 1400–1800 °C, поступающими из камеры сгорания. Смесь газов с температурой 400–580 °C из камеры смешения топочного устройства направляется в канальную систему обогрева печи. Некоторые фирмы изготавливают печи с упрощенной конструкцией топочного устройства. Камера сгорания не имеет защитного устройства из огнеупорной керамики. Стенки камеры сгорания выполнены из высоколегированной стали. Для интенсификации охлаждения наружных стенок камеры рециркуляционными газами на этих печах стоят вентиляторы большой производительности, что связано с дополнительным расходом электроэнергии.

1.4. ГОРЕЛОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЖИГАНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО И ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Газогорелочные устройства. Для сжигания газа в топках и специализированных топочных устройствах применяются разные газогорелочные устройства: инжекционные газовые горелки низкого и среднего давления и смесительные горелки с принудительной подачей воздуха. Выбор типа газогорелочных устройств производится в зависимости от расхода газа, конструкции печного агрегата и топочного устройства, давления газа в сети и от других условий эксплуатации.

В топочных устройствах современных печей с рециркуляцией продуктов сгорания сжигание газа осуществляется при помощи автоматизированных горелок для сжигания газового или жидкого топлива.

В печах без рециркуляции газов со слоевыми топками для сжигания газа используются горелки всех типов: смесительные низкого давления и инжекционные низкого и среднего давления.

На рис. 1.8 показана схема установки горелки ИГК в топке печи ФТЛ-2.

Институтом «Мосгазпроект» разработаны конструкции инжекционных горелок низкого давления, которые применяются при переводе слоевых топок хлебопекарных печей на газовое топливо.

На рис. 1.11 показан блок из трех инжекционных газовых горелок низкого давления конструкции «Мосгазпроекта».

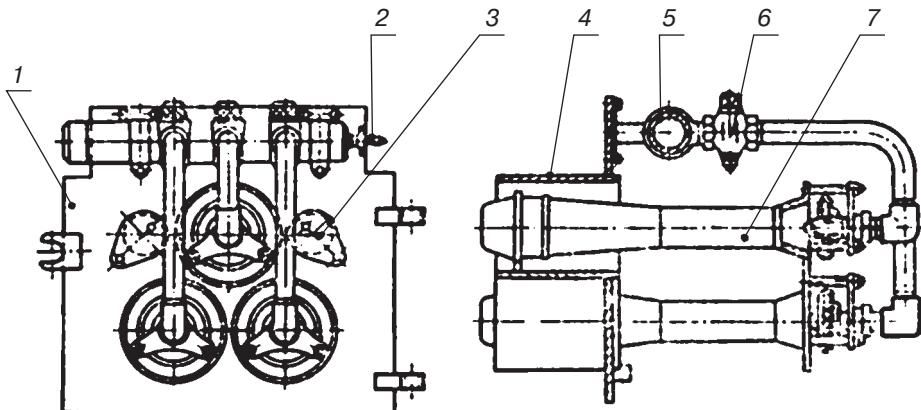


Рис. 1.11. Блок инжекционных горелок низкого давления:

1 — фронтовой лист, который крепится вместо дверцы топки; 2 — штуцер с краном для подключения манометра; 3 — отверстие для ручного зажигания горелки; 4 — патрубок для вторичного воздуха; 5 — газопровод; 6 — кран для регулирования газа, подаваемого в горелку; 7 — инжекционная горелка низкого давления

Блок может состоять из двух горелок, смонтированных на плите топки. В горелках низкого давления инжектируется только часть воздуха, необходимого для горения, а остальная часть (вторичный воздух) засасывается через специальные отверстия благодаря разрежению в топке. Перед каждой горелкой на газопроводе установлена продувочная свеча и отключающий кран. Горелки устойчиво работают без отрыва и пропсока пламени в широком диапазоне расхода газа.

Смесительные горелки типа ГНП и других типов применяют в печах с пароводяным, паровым и канальным обогревом.

Смесительные горелки низкого давления с принудительной подачей воздуха типа ГНП разработаны институтом «Теплопроект». Горелка ГНП (рис. 1.12) состоит из литого чугунного корпуса 3, сопла 2, фронтовой плиты 1 и керамического тоннеля 4. Сопло 2 имеет сменные наконечники. Для короткофакельного сжигания газа устанавливают наконечник, у которого газовыпускные отверстия расположены под углом 45° к оси горелки. Для длиннофакельного сжигания устанавливают наконечник, у которого одно центральное отверстие расположено по оси горелки. При установке этих горелок в топках хлебопекарных печей напор дутьевого вентилятора низкого давления регулируют в пределах 1–1,2 кПа. Для устойчивости горения применяют керамический цилиндрический тоннель.

Наиболее широкое применение получили инжекционные горелки среднего давления «Мосгазпроекта» ИГК-25 и ИГК-60. Горелки ИГК предусматривают ручное регулирование подачи газа и воздуха.

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru