МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО МАШИНАМ И ОБОРУДОВАНИЮ БИОТЕХНОЛОГИЙ

Часть II

Учебно-методическое пособие

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург

2016

УДК 664.65.05

Лабораторные работы по машинам и оборудованию биотехнологий. Ч. II / Е.И. Верболоз, А.С. Громцев, В.А. Демченко, М.А. Иванова: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 90 с.

Указаны цели и порядок выполнения лабораторных работ. Рассмотрены назначение и структура тестоделительных, тестоокруглительных машин, расстойных шкафов, хлебопекарных и кондитерских печей; приведены их классификация и элементы технологического расчета. Дан анализ процессов, происходящих в данных агрегатах. Описаны конструкции аппаратов, эксплуатируемых в настоящее время на отечественных хлебопекарных предприятиях.

Рекомендовано для бакалавров направления 15.03.02 Технологические машины и оборудование по дисциплинам «Машины и оборудование биотехнологий. Мировые тенденции развития»; «Технологическое оборудование пищевых производств»; «Оборудование предприятий пищевых биотехнологий» всех форм обучения.

Рецензент: доктор техн. наук, проф. Г.В. Алексеев

Рекомендовано к печати Советом факультета пищевых биотехнологий и инженерии, протокол № 7 от 21 марта 2016 г.

Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2016

© Верболоз Е.И., Громцев А.С., Демченко В.А., Иванова М.А., 2016

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

1. Цель работы

Целью работы является краткое знакомство с классификацией тестоделительных машин и анализом их работы, изучение некоторых конструкций тестоделителей, применяемых в настоящее время в промышленности, приобретение навыков расчета тестоделительных машин и составления их кинематических принципиальных схем.

2. Порядок выполнения работы

1. Приступая к лабораторной работе, студент должен изучить методические указания.

2. Ознакомившись с методическими указаниями, студент приступает к разборке, изучению и проведению необходимых измерений одной из тестоделительных машин, имеющихся в лаборатории кафедры (по указанию преподавателя).

3. В заключение студент составляет и оформляет отчет в соответствии с требованиями, изложенными в разд. 7, и сдает его преподавателю.

Из общего количества времени (4 ч), отводимого на выполнение лабораторной работы, следует затратить:

– на изучение методических указаний и рекомендуемой литературы – 1 ч;

– на разборку, изучение и измерение отдельных элементов тестоделительной машины, а также на проведение необходимых расчетов – 2 ч;

– на оформление и сдачу отчета – 1 ч.

3. Классификация тестоделительных машин

В промышленности применяются тестоделительные машины различных конструкций. Все существующие машины делят тесто

на куски по объемному принципу. Поэтому точность деления зависит в первую очередь от постоянства плотности теста в рабочей камере делителя. Для обеспечения высокой точности деления теста в тестоделительной машине предусматривается устройство для уплотнения теста путем создания механизма для предварительного давления, так называемого стабилизатора давления – пружинного, гидравлического или пневматического.

В тестоделительных машинах, создающих повышенное давление в конце нагнетания, точность деления более высока. Однако при чрезмерном давлении, а также при длительном механическом воздействии на тесто в процессе перемещения его в тестовых камерах физико-механические свойства теста могут измениться в худшую сторону, что является недопустимым.

По способу отмеривания объема кусков теста тестоделительные машины подразделяются на три класса:

1) машины, отделяющие ножом куски от тестового жгута при выходе его с постоянной скоростью;

2) машины, отделяющие куски теста от общей массы мерными карманами делительной головки;

3) машины, штампующие из общей массы теста куски заданного объема.

В зависимости от способа предварительного сжатия и нагнетания теста в делительные устройства тестоделительные машины изготавливаются со шнековым, поршневым, лопастным и валковым нагнетанием.

Шнековое нагнетание обычно применяется при делении теста из ржаной, ржано-пшеничной и пшеничной обойной муки, а поршневое, лопастное и валковое нагнетание применяется при делении теста из пшеничной, сортовой муки, так как при шнековом нагнетании пшеничного теста ухудшается структура его клейковины.

В зависимости от кинематической связи делительного механизма с общим механизмом все тестоделительные машины делятся на две группы– с фиксированным и нефиксированным ритмом отделения кусков теста. В машинах первой группы кинематические звенья делительного механизма жестко связаны с кинематическими звеньями всей машины, поэтому делительный механизм работает с постоянным ритмом в определенной последовательности с остальными органами машины. В машинах второй группы делительный ме-

ханизм кинематически не связан с общим механизмом машины и включается в работу от внешнего импульса лишь при достижении куском теста заданного объема.

Тестоделители с фиксированным ритмом работы имеют постоянную производительность по количеству кусков, но обеспечивают несколько меньшую точность деления, чем машины с нефиксированным ритмом работы. Тестоделители с нефиксированным ритмом работы обеспечивают несколько более высокую точность деления, но имеют непостоянный период цикла деления, который зависит от подачи теста; вследствие этого такие машины имеют непостоянную производительность, что ограничивает их применение на автоматизированных поточных линиях.

Таким образом, конструкция тестоделительной машины должна соответствовать ряду требований: создание постоянной плотности теста перед делением его на куски, равномерное заполнение мерных карманов тестом или постоянная скорость выпрессовывания тестового жгута и возможность регулирования массы кусков теста в определенных пределах.

Ниже приводятся принципиальные схемы тестоделительных машин, применяемых в настоящее время в России и за рубежом.

На рис. 1–4 даны схемы тестоделителей 1-го класса (без делительных головок); на рис. 5–9 – схемы тестоделителей 2-го класса (с делительными головками); на рис. 10 – схема тестоделителя 3-го класса (штампа). Для облегчения анализа рабочих процессов на схемах делителей 1-го и 2-го классов указаны характерные объемы V_0, V_1, V_2, V_3 и V_4:

V_0 – объем рабочей камеры;

V_1 – объем камеры сжатия;

V_2 – объем стабилизации давления;

V_3 – буферный объем;

V_4 – суммарный объем мерных камер.

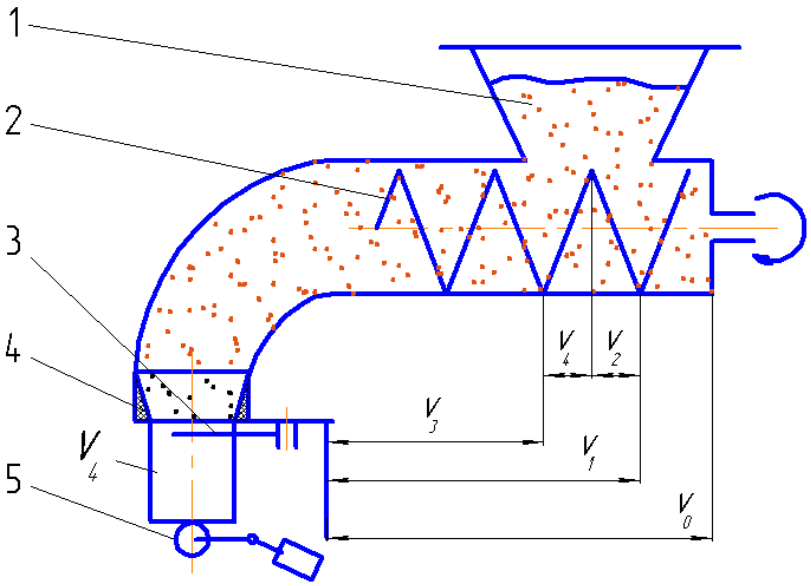


Рис. 1. Принципиальная схема тестоделительной машины
со шнековым нагнетателем без делительной головки:
1 – приемная воронка; *2* – нагнетающие шнеки (два); *3* – вращающийся отсекающий нож; *4* – мундштук; *5* – ролик, включающий привод ножа

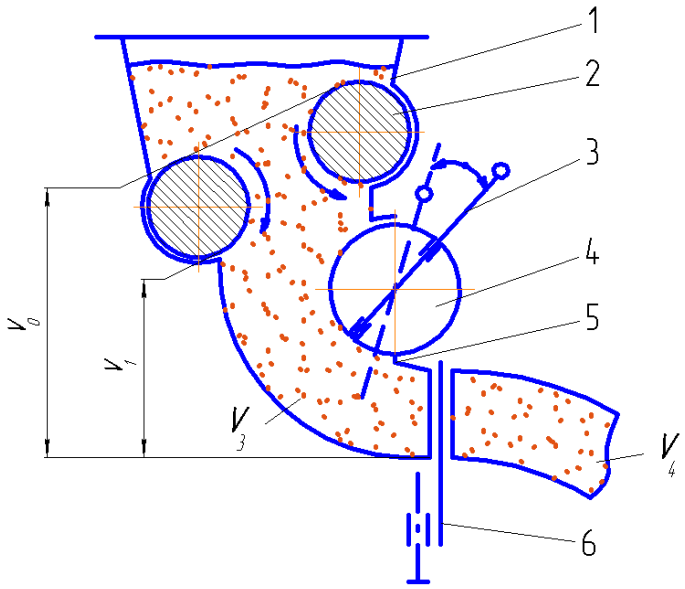


Рис. 2. Принципиальная схема тестоделительной машины
с лопастным нагнетанием (качающаяся лопасть)
без делительной головки:
1 – приемная воронка; *2* – питающие валки; *3* – нагнетательная качающаяся убираемая лопасть; *4* – поворотный барабан; *5* – мундштук; *6* – отсекающий нож

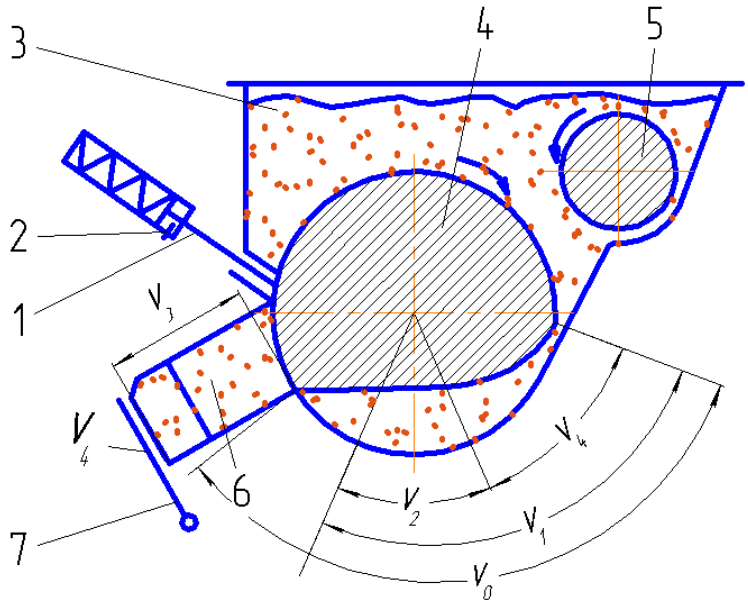


Рис. 3. Принципиальная схема тестоделительной машины
с роторно-валковым нагнетателем без делительной головки:
1 – подпружиненная отсекающая заслонка; *2* – ограничитель хода заслонки;
3 – приемная воронка; *4* – ротор; *5* – валок; *6* – буферная камера;
7 – отсекающий нож

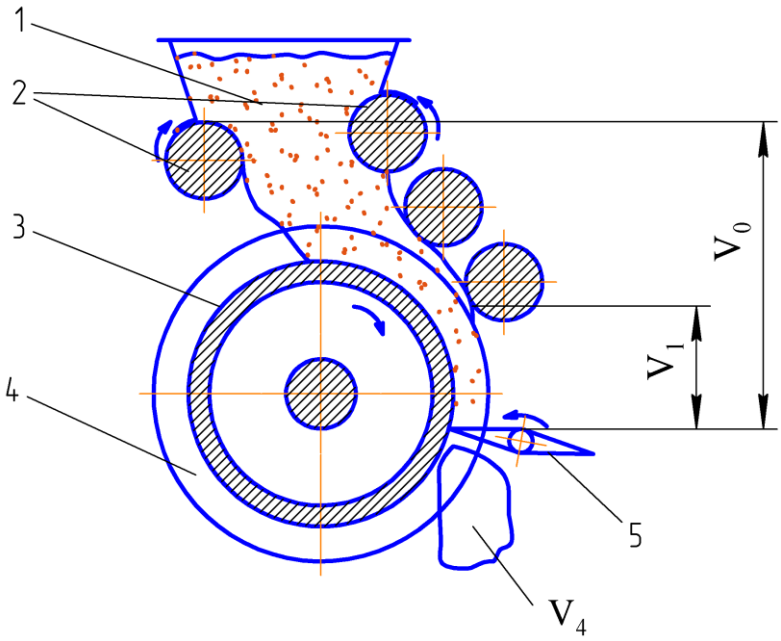


Рис. 4. Принципиальная схема тестоделительной машины с валковым
нагнетателем и прокатывающим устройством без делительной головки:
1 – приемная воронка; *2* – нагнетающие валки; *3* – формующий барабан;
4 – реборда барабана; *5* – отсекающий поворотный нож

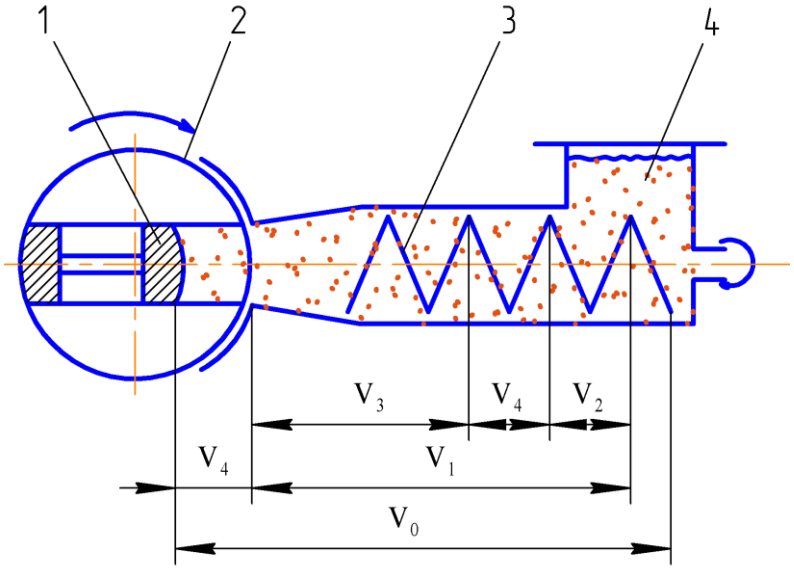


Рис. 5. Принципиальная схема тестоделительной машины
со шнековым нагнетателем и делительной головкой:
1 – спаренные плавающие мерные поршни; *2* – делительная головка;
3 – нагнетающий шнек; *4* – приемная воронка

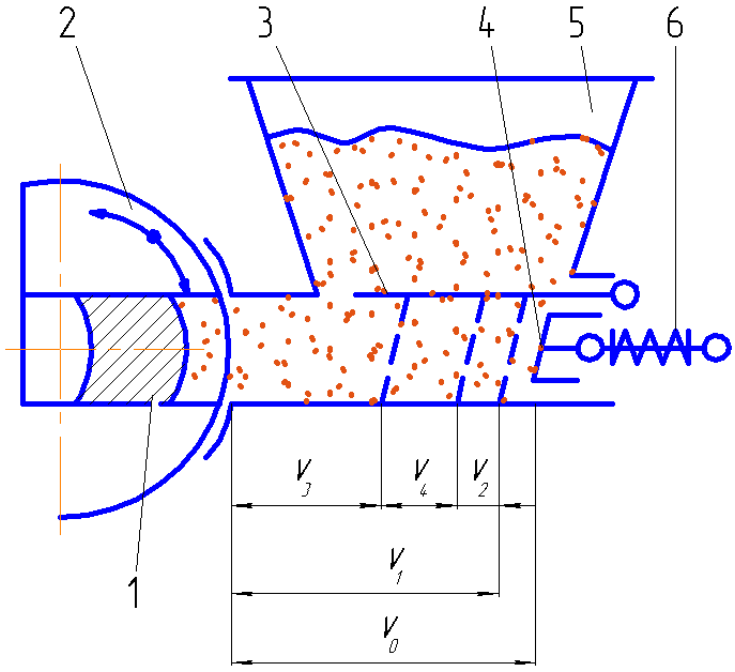


Рис. 6. Принципиальная схема тестоделительной машины
с поршневым нагнетателем и делительной головкой:
1 – мерная камера; *2* – делительная головка; *3* – заслонка; *4* – нагнетающий
поршень; *5* – приемная воронка; *6* – стабилизатор давления

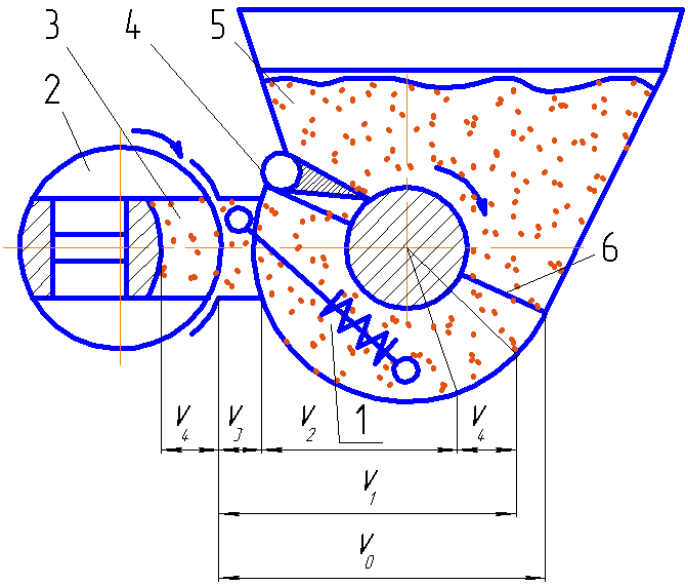


Рис. 7. Принципиальная схема тестоделительной машины с лопастным нагнетателем (жестко закрепленная лопасть) и делительной головкой:
1 – стабилизатор; *2* – делительная головка; *3* – мерная камера;
4 – отсекающая демпфирующая поворотная заслонка; *5* – приемная воронка;
6 – нагнетающая лопасть

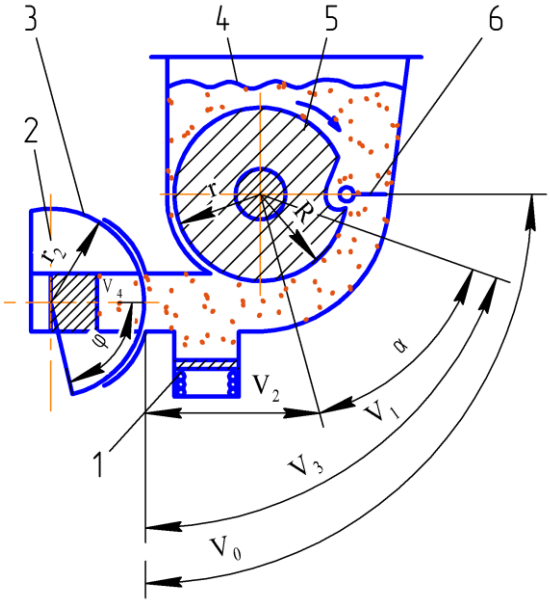


Рис. 8. Принципиальная схема тестоделительной машины с лопастным нагнетателем (убираемая поворотная лопасть) и делительной головкой:
1 – стабилизатор давления; *2* – мерный поршень; *3* – делительная головка;
4 – приемная воронка; *5* – вращающийся барабан; *6* – убираемая лопасть

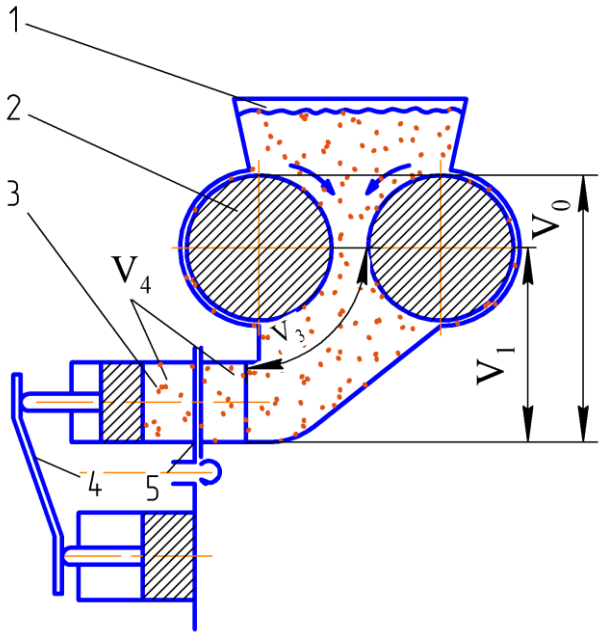


Рис. 9. Принципиальная схема тестоделительной машины
с валковым нагнетателем и делительной головкой:
1 – приемная воронка; *2* – нагнетающие валки; *3* – мерная камера;
4 – механизм регулирования хода поршня; *5* – делительная головка

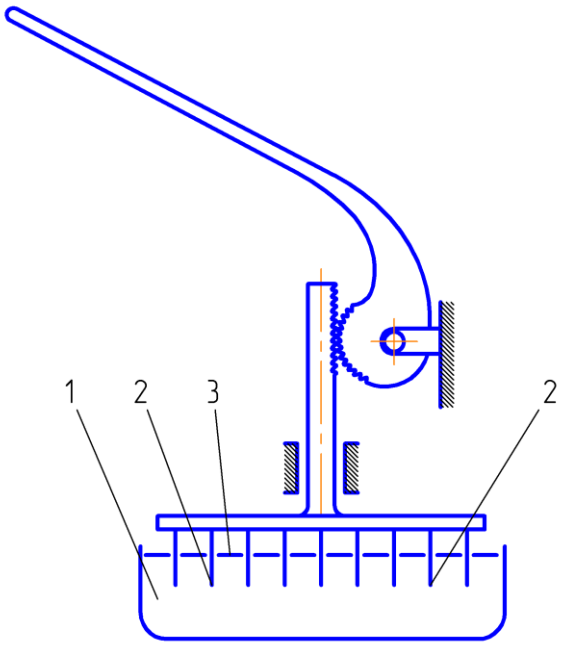


Рис. 10. Принципиальная схема
штампующей тестоделительной машины:
1 – чаша; *2* – ножи; *3* – плита

4. Анализ процессов, происходящих в тестоделительных машинах

Функциональная характеристика тестоделительных машин

За время рабочего цикла в тестоделительной машине совершаются следующие операции: заполнение рабочей камеры тестом, сжатие его до рабочего давления, перемещение по рабочей камере, заполнение мерной камеры, стабилизация давления, выдача отмеренной заготовки, возвращение избытка теста в приемную воронку. В зависимости от принятой схемы машины указанные операции могут совмещаться, менять последовательность либо совсем исключаться. Все эти операции совершаются в камере тестоделительной машины и определяют ее рабочий процесс.

Наиболее существенными функциональными элементами тестоделителей являются нагнетатель теста, стабилизатор давления и делительное устройство.

Нагнетатель служит для создания давления, под которым тесто заполняет мерные емкости делительной головки либо просто покидает рабочую камеру. Стабилизатор давления обеспечивает постоянство давления в рабочей камере тестоделителя в момент отмеривания дозы. Делительное устройство (делительная головка) содержит мерные емкости, которые при заполнении тестом соединяются с рабочей камерой, а при разгрузке отсоединяются от нее.

Стабилизирующее влияние на процессы, происходящие в рабочей камере, оказывает размер буферной емкости. Она представляет собой часть рабочей камеры, которая остается заполненной тестом после окончания рабочего цикла.

Процессы, происходящие в рабочих камерах тестоделительных машин

Сложность процессов деления и формования мучного теста обусловлена его специфическими свойствами: липкостью, упругостью, эластичностью и пластичностью.

При делении и формовании выброженного (хлебного) и пресного (макаронного) теста происходят различные процессы. Основ-

ное отличие обусловлено специфичностью свойств сброженного теста, обладающего капиллярно-пористой структурой, – в порах удерживается достаточное количество газообразных продуктов брожения. При делении и формовании такое тесто теряет значительную часть газов, уменьшается в объеме, становится плотнее. Обычно при делении хлебное тесто подвергается сжатию до 0,3 МПа.

Процессы, происходящие и рабочих камерах тестоделителей, имеют свою специфику. Они совершаются циклически в течение сравнительно короткого времени, исчисляемого секундами или их долями. Поэтому при анализе следует учитывать лишь те процессы, которые за время рабочего цикла делителя оказывают существенное влияние на свойства теста или сам процесс. Брожение теста протекает очень медленно и по этой причине здесь не учитывается. Кратковременное воздействие давления и механического перемешивания, которое имеет место в рабочей камере тестоделителя, существенно влияет на структуру, физико-механические свойства теста и характер последующего его брожения. Данные факторы являются определяющими при выборе рабочих параметров тестоделителя.

До последнего времени при рассмотрении рабочего процесса тестоделительной машины в основном обращали внимание лишь на одну сторону процесса – влияние давления в рабочей камере на точность деления тестовых заготовок. Следует обратить внимание на то, что процессы, происходящие в рабочей камере, изменяют свойства теста, а это существенно влияет на ход последующих процессов– расстойки и выпечки.

При воздействии давления на сброженное тесто в нем уменьшается объем газовой фазы за счет поглощения части газа тестом, а при одновременном ведении интенсивного механического перемешивания происходит деление газовых пузырьков на более мелкие, что способствует созданию равномерной мелкопористой структуры и удалению крупных газовых пузырей. Такая структура способна лучше удерживать газовую среду на последующих этапах технологического процесса.

Сброженное тесто после любой механической обработки (деления, округления, закатки) имеет примерно постоянную плотность, которая несколько ниже таковой для свежезамешанного теста (1040–1090 кг/м^3 против 1100–1180 кг/м^3). Разрыхление теста до разделки нужно не для увеличения объема теста, а для накопления вку-

совых и ароматических веществ. На получение хорошо разрыхленного конечного продукта – хлеба в основном влияет накопление газовой среды после окончания механического воздействия на тесто (разделки и формования) в процессе расстойки.

Уравнения состояния теста и оптимизация давления в рабочей камере тестоделительных машин

Для расчета и оптимизации процесса сжатия теста в рабочей камере тестоделителя необходимо иметь уравнение состояния выброженного теста, которое выражает функциональную связь между удельным объемом и давлением, приложенным к тесту, находящемуся в замкнутом пространстве при постоянной температуре.

Получить уравнение состояния теста аналитическим путем, как это делают в термодинамике для газовых смесей, не представляется возможным, поскольку поступающее в тестоделительную машину тесто имеет не однофазную, а многофазную композицию, состоящую из твердых структурированных частиц муки, подкисленной влаги и газовой среды, включающей диоксид углерода, этиловый спирт, воздух, летучие кислоты и пр. Поэтому приходится прибегать к эмпирическим методам.

Математическая обработка экспериментального материала позволила получить уравнения состояния в изотермических условиях для основных сортов хлебного теста:

а) для теста из пшеничной муки I сорта при влажности, равной (43,0 ± 0,2) %,

$$(p + 0{,}4/V_{\text{уд}}^2)\,(V - 6{,}7 \cdot 10^{-4}) = 140, \qquad (1)$$

где $V_{\text{уд}}$ – удельный объем газа;

б) для теста из пшеничной муки II сорта при влажности, равной (46,0 ± 0,2) %,

$$(p + 0{,}4/V^2)\,(V - 7{,}6 \cdot 10^{-4}) = 72{,}2; \qquad (2)$$

в) для теста из ржано-пшеничной муки, приготовленного по рецептуре хлеба украинского нового, при влажности, равной (46,5 ± 0,2) %,

$$(p + 0{,}4/V_{уд}^2)\,(V - 7{,}1 \cdot 10^{-4}) = 122. \qquad (3)$$

Максимальная погрешность расчетов по этим уравнениям не превышает –1,5 и +2,8 %.

Расчеты по уравнениям (1)–(3) позволили установить область оптимального давления в рабочей камере тестоделителя в пределах 0,1–0,2 МПа.

Однако при выборе оптимального значения рабочего давления тестоделителя необходимо учитывать тот факт, что при снижении рабочего давления с 0,2 до 0,1 МПа качество теста улучшается, мощность приводного электродвигателя и расход энергии снижаются примерно на 30 %, почти в два раза уменьшаются максимальные нагрузки на все подвижные элементы машины, значительно повышаются долговечность и безотказность работы делителей.

Таким образом, оптимальной величиной давления в рабочей камере следует считать 0,1 МПа, при котором достигается наилучшая комбинация всех показателей работы тестоделителей.

Точность работы тестоделительных машин

Точность деления заготовок является одним из основных показателей качества работы тестоделителя. Определение точности работы тестоделительных машин имеет конечной целью наладку и оценку их работы, сокращение производственных потерь при выпуске штучной продукции, обнаружение нарушений в рабочем процессе и технологии.

После деления на куски тесто подвергается целому ряду технологических операций, сопровождающихся изменением массы, поэтому по массе готовых изделий трудно установить, на каком этапе технологического процесса или операции произошло сверхнормативное изменение массы.

В соответствии с ГОСТ 6649–53 и ГОСТ 7127–54 допустимые отклонения массы отдельных изделий определяются в конце технологического процесса по остывшим выпечным изделиям. Максимальное отклонение массы десяти одновременно взвешенных изделий не должно превышать ±2,5 % номинальной массы, отклонение одного изделия – не более 3,0 %,

По ГОСТ 2731–78 точность деления тестоделительных машин может не превышать 2 % при массе заготовок от 0,4 до 1,8 кг; для мелкоштучных – 3 %. По паспортным данным этот показатель не превышает 2,5 %.

Для оценки точности работы тестоделителя следует применять выборочный метод контроля, при котором измерениями охватывают только часть вырабатываемых изделий и совокупные показатели которых должны достаточно надежно воспроизводить средние показатели всей выработки изделий за смену.

Определение отклонений в массе заготовок можно производить по среднеквадратическому отклонению выборки

$$\sigma = \sqrt{\sum (x - \Delta g)\, m / n - 1}, \qquad (4)$$

где n – количество изделий; x – среднеарифметическое отклонение массы m заготовки,

$$x = m/n \sum \Delta g, \qquad (5)$$

здесь

$$g = g_i - g_0, \qquad (6)$$

g_i и g_0 – измеряемое (текущее) и нормальное («нулевое») значения массы заготовки,

$$g_0 = (100 + y_1 + y_2)\, G/100, \qquad (7)$$

y_1 – фактический упек, %; y_2 – усушка, %; G – масса готового остывшего изделия, г.

Средняя арифметическая масса заготовки вычисляется по уравнению

$$g = g_0 + x. \qquad (8)$$

Статистическая точность работы тестоделителя характеризуется коэффициентом вариации W, выраженным в %:

$$W = (\sigma/g_0)\, 100. \qquad (9)$$

5. Некоторые конструкции тестоделительных машин

Тестоделительная машина «Кузбасс-2М-1»

Тестоделительная машина со шнековым нагнетанием теста «Кузбасс-2М-1» наряду с другими модификациями тестоделителя «Кузбасс» («Кузбасс-2М-2», «Кузбасс-177М», «Кузбасс-68-2М») серийно выпускается различными предприятиями страны, в том числе ремонтно-механическими комбинатами, и предназначена, как правило, для деления на куски теста из ржаной, ржано-пшеничной и пшеничной обойной муки; для деления теста из пшеничной сортовой муки эти делители применять не рекомендуется по причине, изложенной выше (см. разд. 3).

Машина (рис. 11) состоит из приемной воронки *5*, нагнетающего шнека *7*, делительной головки *2*, станины и привода. Тесто из воронки *5* шнеком *7* нагнетается через угловой отвод *3* в мерный карман *24* делительного барабана *22*, периодически вращающегося внутри головки *2*. Внутри мерного кармана расположен двусторонний поршень, состоящий из двух частей *25*, *26*. При давлении теста поршень перемещается вниз до упорных шпилек *23*, освобождая карман для заполнения тестом.

По окончании заполнения кармана делительный барабан с помощью храпового механизма *19* поворачивается на 180°. При этом тесто, находящееся в камере, оказывая давление на двусторонний поршень, перемещает его вниз. При движении поршень выталкивает из кармана кусок теста, одновременно освобождая верхнюю часть мерного кармана для последующего заполнения. Куски теста поступают на приемный транспортер *1*.

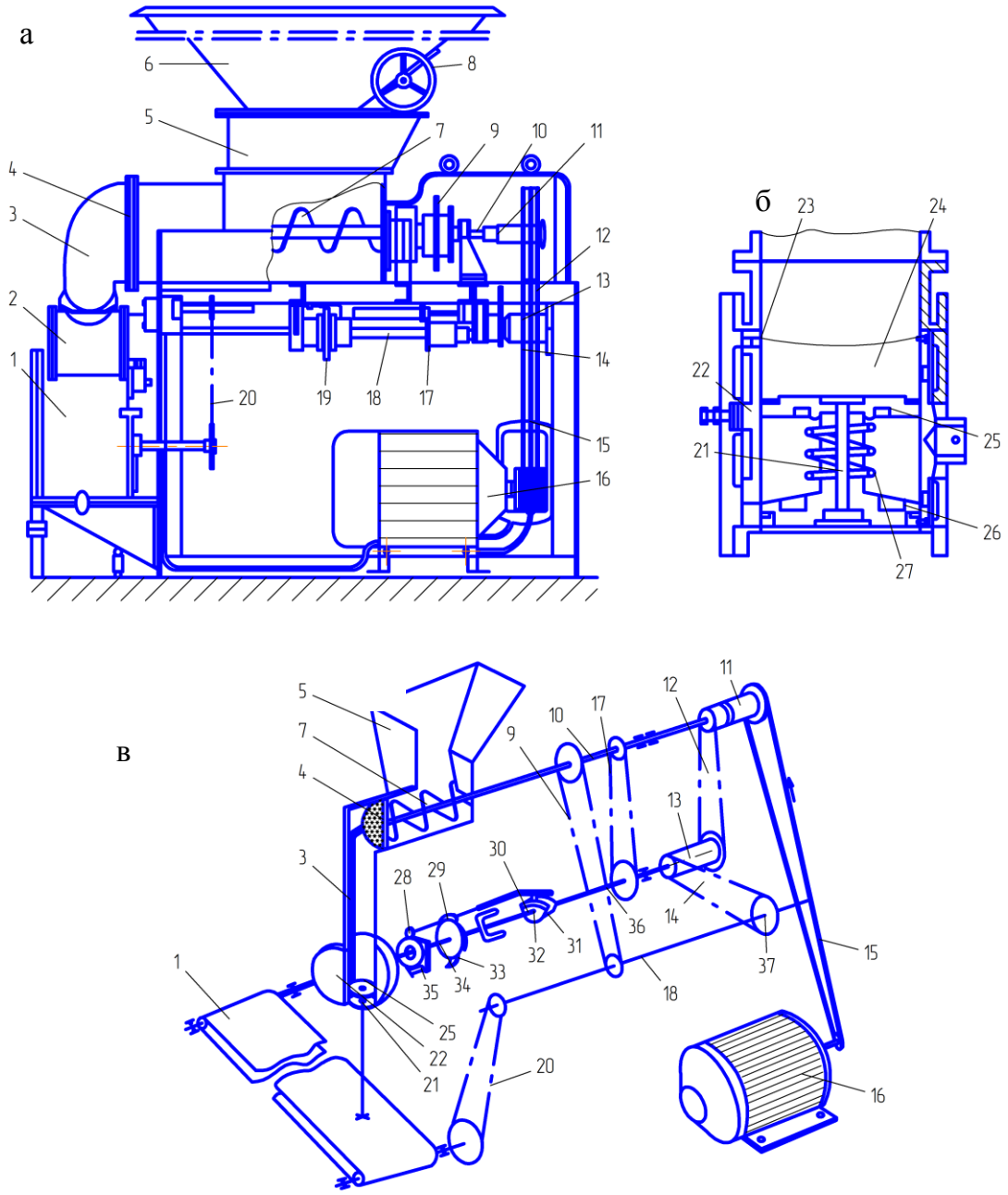


Рис. 11. Тестоделительная машина «Кузбасс-2М-1»:
а – общий вид; б – делительный барабан; в – кинематическая схема;
1 – приемный транспортер; *2* – делительная головка; *3* – угловой отвод; *4* – решетка; *5* – приемная воронка; *6* – загрузочный бункер; *7* – нагнетающий шнек; *8* – штурвал; *9, 12, 14, 17, 20* – цепные передачи; *10* – главный вал; *11* – блок шкива; *13* – блок звездочек; *15* – клиноременная передача; *16* – электродвигатель; *18, 34, 36* – валы; *19* – храповый механизм; *21* – винт; *22* – делительный барабан; *23* – упорная шпилька; *24* – мерный карман; *25, 26* – части поршня; *27, 31* – пружины; *28, 29* – ролики; *30* – собачка; *32* – рычаг; *33* – храповое колесо; *35* – кулачковый диск; *37* – сменная звездочка

Регулирование массы кусков теста производится изменением объема мерного кармана путем сближения или удаления половинок поршня с помощью винта *21* и пружины *27*. Производительность тестоделителя можно менять с помощью сменной звездочки *37*. Машина приводится в движение от электродвигателя *16*. Движение клиноременной передачей *15* передается на блок *11* шкива и звездочки, полый вал которых установлен на шариковых подшипниках на главном валу *10*. Цепная передача *12* передает движение на блок звездочек *13*, от которого цепной передачей *14* вращается вал *18*. От этого вала цепной передачей *9* приводится во вращение главный вал *10* с нагнетательным шнеком *7*. От вала *18* цепной передачей *20* приводится в движение приемный ленточный транспортер *1*. От главного вала цепной передачей *17* вращение непрерывно передается ведущему валу *36*, а от него – делительному барабану.

Прерывистость движения барабана осуществляется с помощью специального механизма, храповое колесо *33* которого укреплено на ведомом валу *34*. Непрерывно вращающийся рычаг *32* имеет шарнирно укрепленную «собачку» *30*, на оси которой укреплены два ролика. Ролик *29* входит в зацепление с зубьями храпового колеса *33* и таким образом передает вращение делительному барабану, а ролик *28* с помощью пружины *31* прижимается к поверхности неподвижно установленного кулачкового диска *35*. При вращении рычага *32* ролик *28* катится по наружной поверхности кулачкового диска *35* и, поднимаясь на гребень диска, выводит ролик *29* из зацепления с храповым колесом. При этом делительный барабан, укрепленный на валу *34*, останавливается и мерный карман заполняется тестом. Когда ролик *28* сходит с гребня диска, ролик *29* под действием пружины *31* вновь вводится в зацепление с храповым колесом и делительный барабан поворачивается на 180°, после чего цикл повторяется.

Тестоделитель выпускается с загрузочным бункером *6*, который имеет заслонку, предназначенную для регулирования подачи теста в воронку тестоделителя с помощью штурвала *8*. Для предупреждения попадания инородных предметов в делительный механизм между фланцами углового отвода *3* и корпуса шнека вставлена решетка *4*. Левый конец шнека у решетки расположен в опорной чугунной втулке, которая с помощью четырех спиц соединена с фланцем.

Тестоделительная машина А2-ХТН

Тестоделительная машина А2-ХТН (рис. 12, 13) серийно выпускается Киевским заводом «Киевпродмаш» и некоторыми российскими предприятиями.

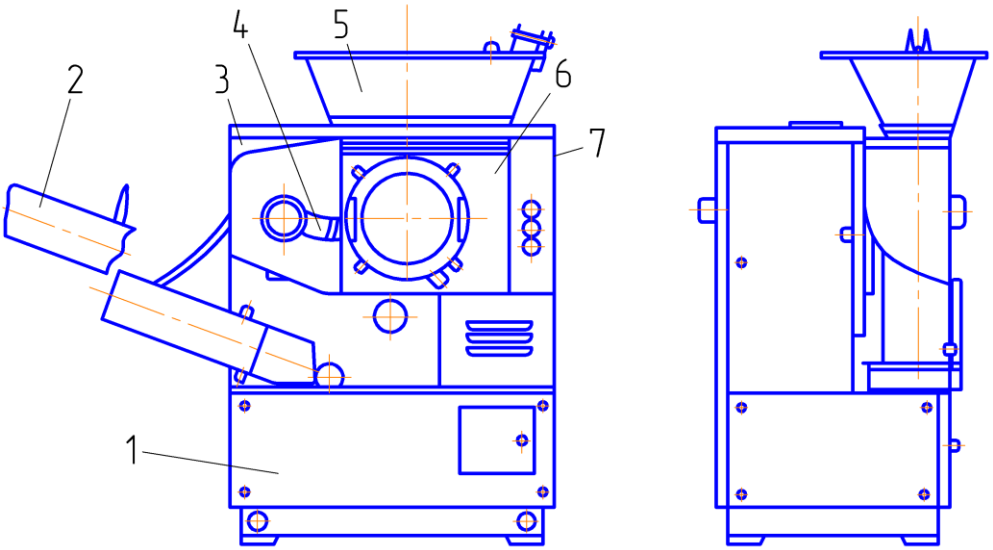


Рис. 12. Общий вид тестоделительной машины А2-ХТН:
1 – основание; *2* – транспортер; *3* – станина; *4* – делительная головка;
5 – приемный бункер; *6* – тестовая камера; *7* – щит управления

Деление теста осуществляется непрерывно вращающейся делительной головкой, расположенной в полусферическом козырьке *3* (см. рис. 13). В головке имеется сквозной мерный карман, в который вставлен двусторонний поршень *5*. Из бункера тесто поступает в тестовую камеру, где оно захватывается непрерывно вращающейся лопастью *1*, укрепленной на валу. При этом вначале заслонка *2* открыта и содержащиеся в тесте газы выталкиваются в бункер. Затем заслонка, поворачиваясь по часовой стрелке, закрывается. При достижении в камере необходимого давления тесто лопастью нагнетается в мерный карман *4*, когда он находится напротив тестовой камеры. При этом избыток теста, приоткрывая заслонку *2*, дросселируется в тестовый бункер, что исключает перегрузку делителя. Открытие заслонки при дросселировании осуществляется благодаря растяжению пружины, установленной в приводе заслонки.

При дальнейшем вращении делительной головки и полном совмещении мерного кармана с тестовой камерой нагнетаемое лопастью *1* тесто оказывает давление на поршень *5*, который, освобождая

мерный карман, одновременно выпрессовывает из него тесто. Отделенный кусок теста отсекается ножом и отбрасывается вращающимся валиком *7* на ленточный транспортер.

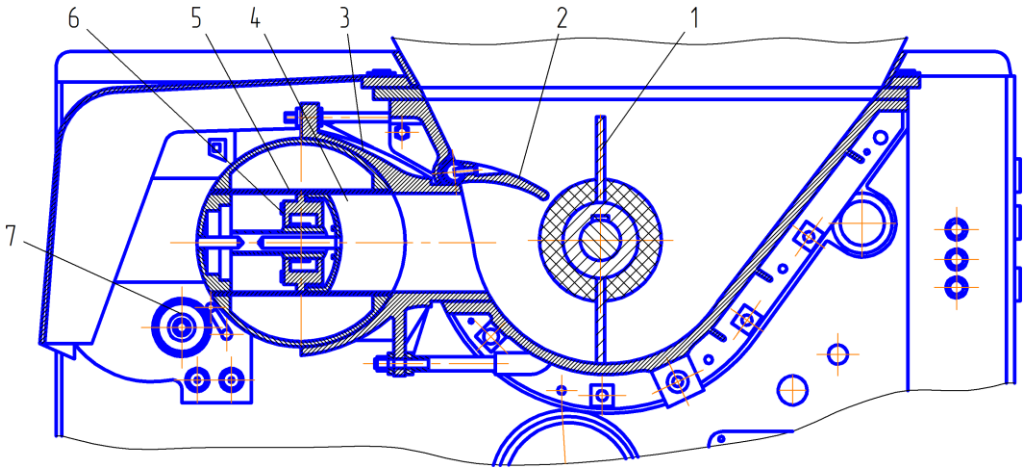


Рис. 13. Общий вид тестовой камеры с делительной головкой тестоделительной машины А2-ХТН:
1 – лопасть; *2* – заслонка; *3* – козырек; *4* – мерный карман; 5 – поршень; *6* – раздвигающий механизм; *7* – валик

Регулирование массы кусков теста осуществляется изменением объема мерного кармана посредством механизма *6*, раздвигающего головки поршня *5*. Производительность тестоделителя регулируется с помощью клиноременного вариатора скорости, а также путем перестановки ремня на двухступенчатых шкивах.

Кинематическая принципиальная схема тестоделительной машины А2-ХТН представлена на рис. 14.

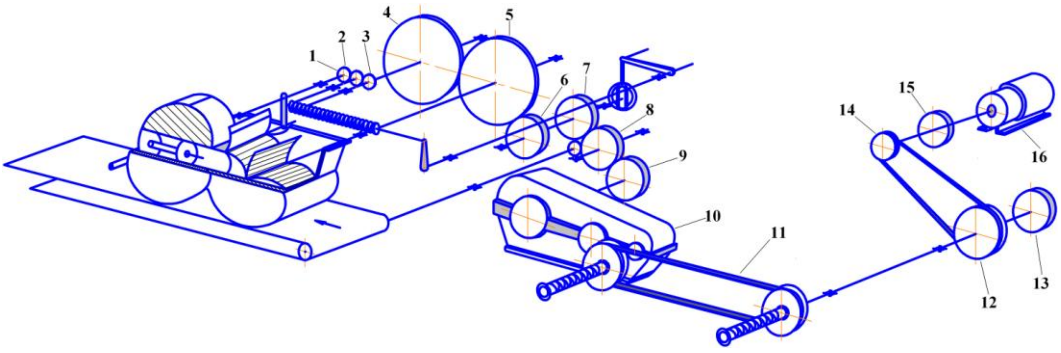


Рис. 14. Кинематическая принципиальная схема тестоделительной машины А2-ХТН:
1–9 – зубчатые колеса; *10* – редуктор; *11* – клиноременный вариатор; *12–15* – шкивы клиноременных передач; *16* – электродвигатель

На базе тестоделителя А2-ХТН разработано 5 модификаций тестоделительных машин: А2-ХТ1Н, А2-ХТ1Н-01, А2-ХТ1Н-02, А2-ХТ1Н-03, А2-ХТ2Н для деления теста из пшеничной, ржано-пшеничной и ржаной муки. В этих машинах использованы сменные делительные головки (однокарманные и двухкарманные), упрочнена и улучшена конструкция привода, использованы для рабочих органов новые материалы, обеспечивающие работу трущихся частей без смазки, улучшена конструкция уплотнений подшипников.

Тестоделительная машина РТ-2М

Тестоделительная машина с валковым нагнетанием теста РТ-2М серийно выпускается машиностроительными заводами и ремонтно-механическими комбинатами страны и предназначена для деления на куски теста из пшеничной сортовой муки. Машина (рис. 15) состоит из приемной воронки *10* с нагнетающими валками *9* и *11*, ротора *15*, станины *6* и привода.

Делительный механизм машины представляет собой непрерывно вращающийся ротор *15* с четырьмя или шестью цилиндрическими мерными карманами *13*. В каждый карман вставлен поршень *16* с роликом *14*, который при вращении ротора обкатывается по профилю неподвижного кулачка *17* и кулачка *18*. Кулачок *17* служит для регулирования массы кусков теста, а кулачок *18* – для выталкивания поршней *16*.

Тесто подается в воронку *10*, откуда закатывается двумя рифлеными вращающимися навстречу друг другу валками *9* и *11* и нагнетается через тестовую камеру *12* в мерные карманы *13*.

Каждый поршень под давлением теста перемещается к центру ротора до тех пор, пока ролик *14* не достигнет профиля кулачка *17*. При дальнейшем вращении ротора ролики, накатываясь на профиль кулачка *18*, перемещают поршни от центра барабана, в результате чего происходит выталкивание кусков теста из мерных карманов. При этом вращающийся рифленый валик *19* отбрасывает куски теста на ленточный транспортер *20*. Для предупреждения прилипания теста рифленая поверхность валика выполнена из фторопласта.

Регулирование массы кусков теста производится изменением объема мерного кармана путем поворота кулачка *17*. На валике этого кулачка с наружной стороны ротора укреплено червячное колесо, которое поворачивается от червяка вращением штурвала, укрепленного на червячном валу.

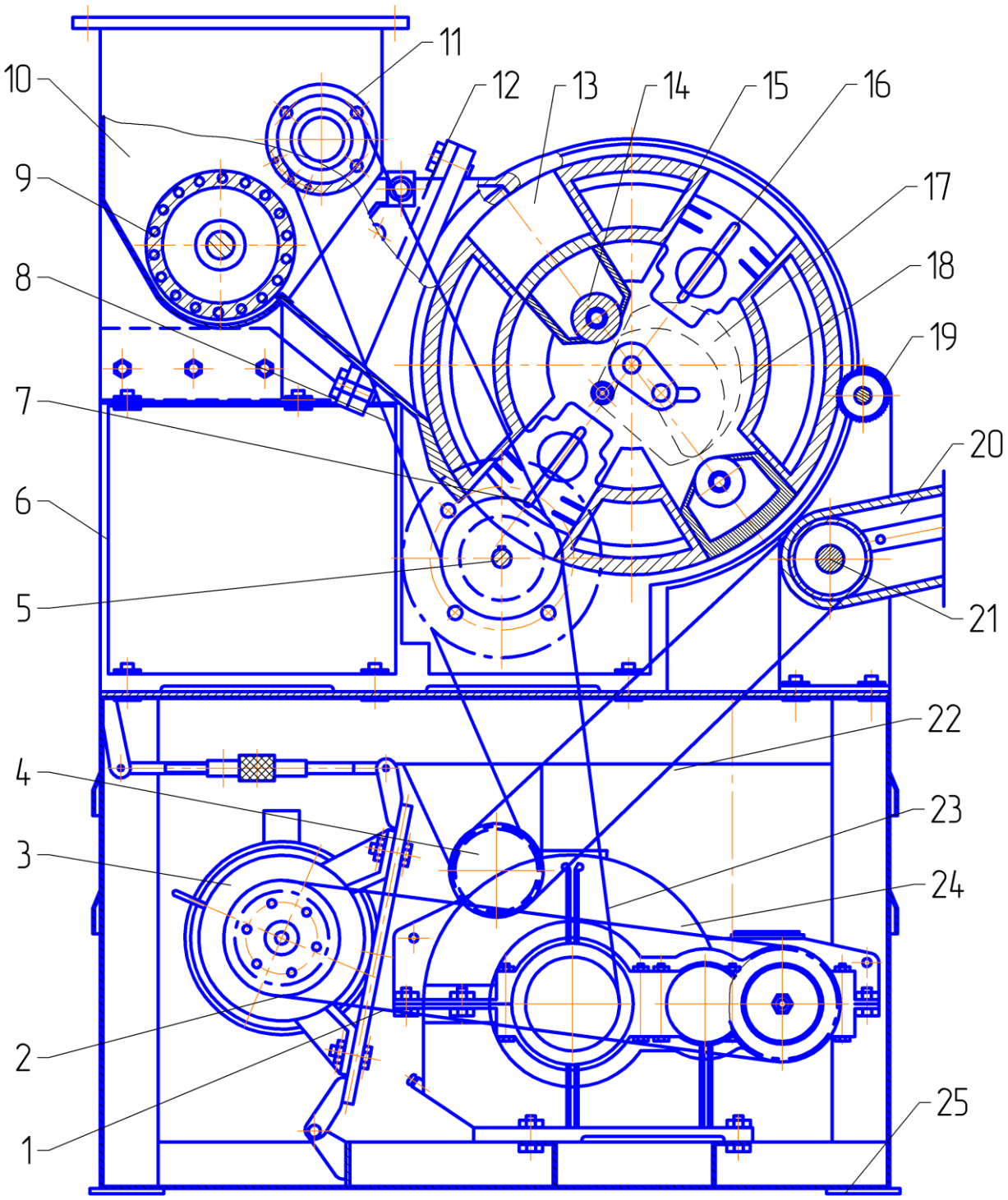


Рис. 15. Общий вид тестоделительной машины РТ-2М:
1 – клиноременная передача; *2* – вариаторный шкив; *3* – электродвигатель;
4 – блок звездочек; *5* – главный вал; *6* – станина; *7* – зубчатая передача;
8, *22*, *23* – цепные передачи; *9*, *11* – нагнетающие валки; *10* – приемная воронка;
12 – тестовая камера; *13* – мерный карман; *14* – ролик; *15* – ротор;
16 – поршень; *17*, *18* – кулачки; *19* – рифленый валик; *20* – транспортер;
21 – вал; *24* – редуктор; *25* – постамент

Машина приводится в движение от электродвигателя *3*, который через вариаторный шкив *2*, клиноременную передачу *1*, редуктор *24* и цепную передачу *23* вращает главный вал машины *5*. От этого вала через зубчатую передачу *7* вращается ротор *15*, а с помощью цепной передачи *8* вращение передается нагнетающему валку *11*. С помощью зубчатой передачи вращение от валка *11* передается нагнетающему валку *9*. Цепная передача *23* вращает блок *4* из двух звездочек, одна из которых с помощью цепной передачи *22* передает вращение валу *21* приводного барабана ленточного транспортера *20*. От вала *21* с помощью цепной передачи приводится во вращение рифленый валик *19*.

Все элементы машины смонтированы на станине *6*, которая установлена на постаменте *25*. Производительность машины регулируется с помощью вариаторного шкива *2*.

Кинематическая принципиальная схема тестоделительной машины РТ-2М представлена на рис. 16. Машина выпускается с четырех- и шестикарманным ротором: первый применяется для деления теста на куски массой от 0,4 до 0,55 кг; второй – от 0,15 до 0,4 кг.

В настоящее время выпускаются различные модификации тестоделителя РТ-2М, предназначенные для деления теста на куски самой различной массы, в частности для деления теста при выработке мелкоштучных сдобных и булочных изделий. К таким тестоделителям относятся РТ-2МА, РТ-2.01, РЗ-ХДП, РЗ-ХМД. В этих модификациях машин снижена металлоемкость, упрощена конструкция системы привода, применены новые эффективные материалы для рабочих органов, исключающие необходимость смазки.

Делительно-округлительный автомат А2-ХЛ2-С9

Делительно-округлительный автомат А2-ХЛ2-С9 серийно выпускается с 1989 г. Он предназначен для деления теста из пшеничной сортовой муки на заготовки и их округления при выработке мелкоштучных булочных изделий.

Автомат (рис. 17) состоит из основания *12* с установленным на нем приводом *13* регулировочного маховика *1*, бункера *2*, тестовой камеры *3* с нагнетательными валками *14*, делительного барабана *4* с раздвижными поршнями *5*, сбрасывателя *6*, механизма направления *7*, округлительного устройства, содержащего коническую чашу *8*, неподвижную спираль *9*, привод *10* и корпус *11*.

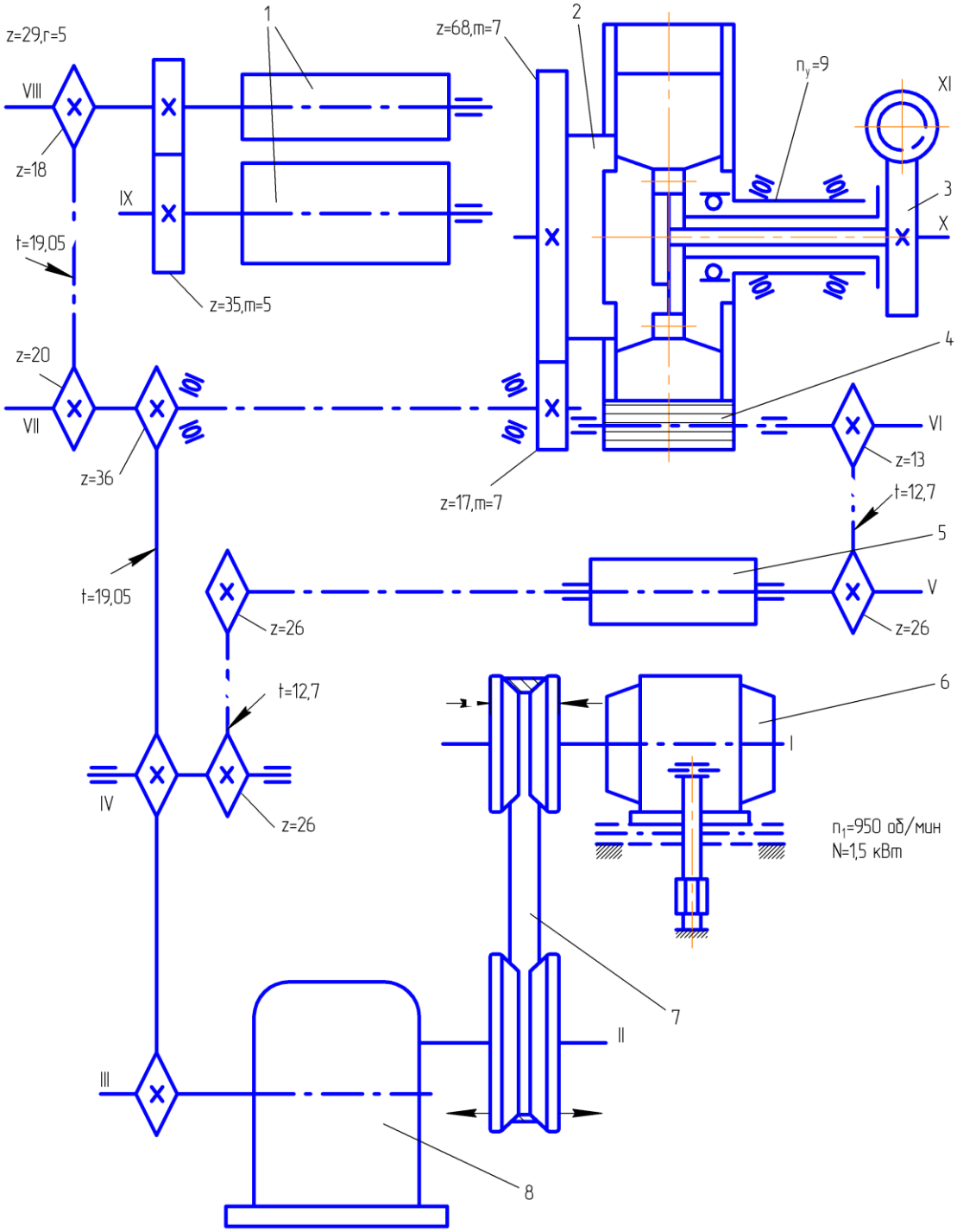


Рис. 16. Кинематическая принципиальная схема
тестоделительной машины РТ-2М:
1 – нагнетающие валки; *2* – делительная головка;
3 – механизм регулирования массы заготовки;
4 – сбрасывающий валик; *5* – барабан ленточного
транспортера; *6* – электродвигатель; *7* – вариатор; *8* – редуктор

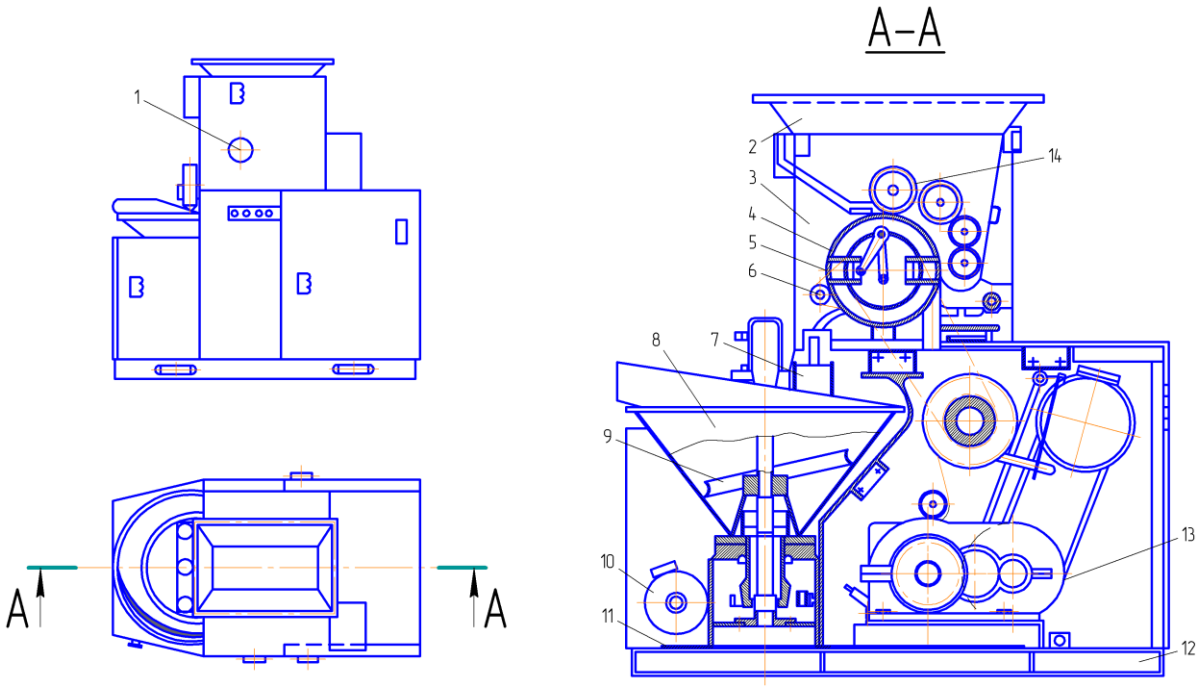


Рис. 17. Общий вид делительно-округлительного автомата А2-ХЛ2-С9:
1 – регулировочный маховик; *2* – бункер; *3* – тестовая камера; *4* – делительный барабан; *5* – поршни; *6* – сбрасыватель; *7* – механизм направления; *8* – коническая чаша; *9* – спираль; *10* – привод; *11* – корпус; *12* – основание; *13* – привод; *14* – нагнетательные валки

Поступающее из бункера в тестовую камеру тесто нагнетательными валками под давлением подается в два мерных кармана, находящихся в делительном барабане. После поворота делительного барабана тесто выталкивается из мерных карманов принудительно перемещающимися в них раздвижными поршнями. Одновременно тесто заполняет мерные карманы с противоположной стороны делительного барабана. Тестовые заготовки специальным валиком сбрасывателя опрокидываются в округлителъное устройство, при этом механизм направления преобразует двухрядный поток заготовок в однорядный. С помощью вращающейся конической чаши заготовки обкатываются по прилегающей к ней изнутри спирали и округляются.

Возможны следующие варианты работы:

- работает автомат полностью;
- работает только тестоделительное устройство;
- работает только тестоокруглительное устройство.

Массу тестовых заготовок можно регулировать, изменяя объем мерных карманов вращением маховика *1* во время работы автомата или при его остановке. При этом изменяется расстояние между половинками поршней. Производительность автомата регулируется изменением скорости вращения тестоделительного барабана при помощи вариатора во время остановки автомата.

Кинематическая принципиальная схема делительно-округлительного автомата А2-ХЛ2-С9 представлена на рис. 18.

Техническая характеристика тестоделительных машин приведена в табл. 1.

Таблица 1

Техническая характеристика тестоделительных машин

Показатель	Тестоделительные машины			
	Кузбасс 2М-1	А2-ХТН	РТ-2М	А2-ХЛ2-С9
Производительность, шт/мин	13–30	20–60	34–90	40–100
Масса куска теста, кг	0,8–1,3	0,2–1,2	0,1–0,55	0,055–0,22
Точность деления, %	±2,5	±2	±1,5	±2
Мощность, кВт	3	3	1,5	3,65
Габаритные размеры, мм:				
длина	1600	1245	1040	1500
ширина	620	915	510	880
высота	1350	1500	1360	1550
Масса, кг	600	1090	800	1320

6. Основы расчета тестоделительных машин

В качестве примеров рассмотрим последовательность расчета тестоделительных машин со шнековым и с валковым нагнетателями.

Расчет тестоделительных машин со шнековым нагнетателем

При расчете следует учитывать ряд особенностей шнекового нагнетателя, который обычно работает непрерывно, а отбор отмеренных тестовых масс осуществляется периодически. В этом случае

в рабочей и мерной камерах делителя давление изменяется от максимума в момент отсутствия отбора до минимума в момент заполнения мерной камеры. Давление на винтовую лопасть шнека перед каждой лопастью P' меньше, а за ней P'' – больше среднего значения, которое в камере прессования изменяется по закону, близкому к линейному (рис. 19).

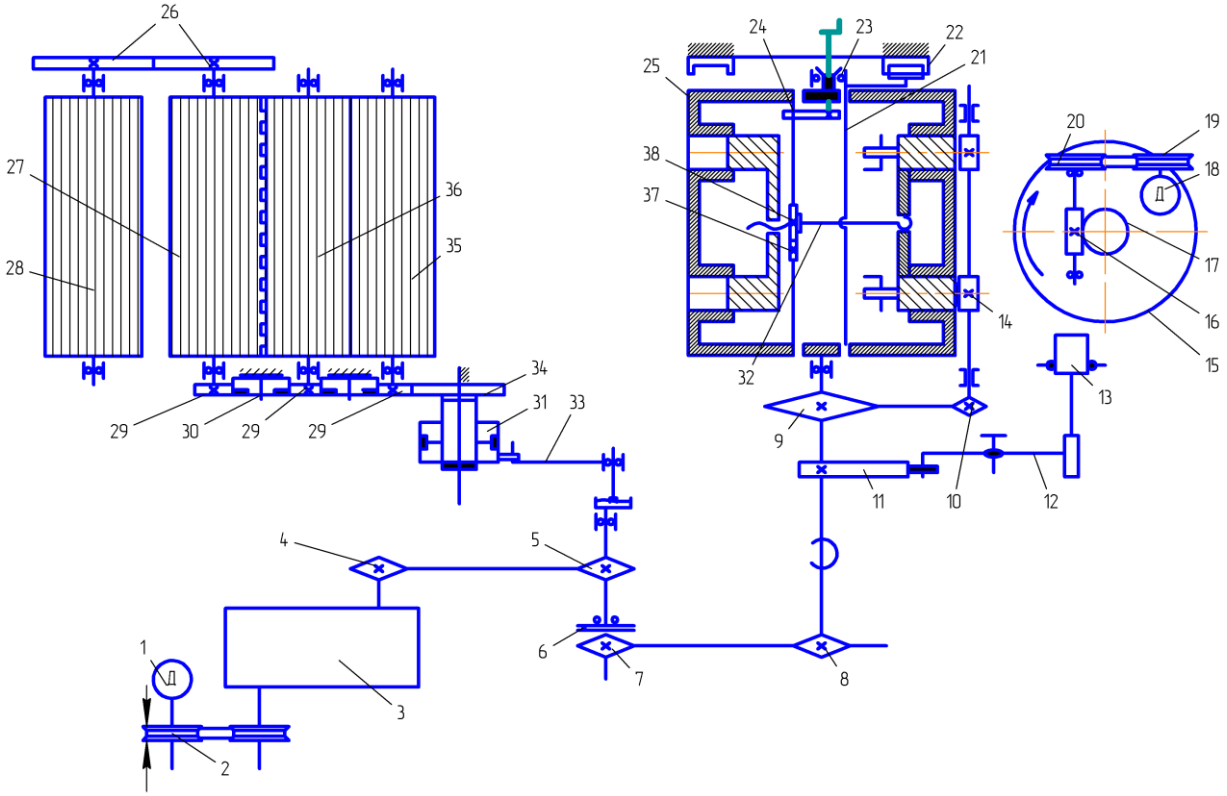


Рис. 18. Кинематическая принципиальная схема
делительно-округлительного автомата А2-ХЛ2-С9:
1 – электродвигатель делителя; *2* – вариатор; *3* – редуктор; *4, 5, 7–10* – звездочки;
6 – предохранительная муфта; *11* – кулак; *12* – рычаг с толкателем;
13 – механизм направления; *14* – сбрасыватель; *15* – округлитель; *16* – червяк;
17 – червячное колесо; *18* – электродвигатель округлителя;
19, 20 – шкивы клиноременной передачи; *21* – вал с толкателями; *22* – копир;
23, 24, 26, 29, 30, 34 – зубчатые колеса; *25* – делительный барабан;
27, 28, 35, 36 – нагнетательные валки с ребордами; *31* – обгонная муфта;
32 – винт раздвигания поршней; *33* – кривошипно-шатунный механизм;
37, 38 – винтовые зубчатые колеса

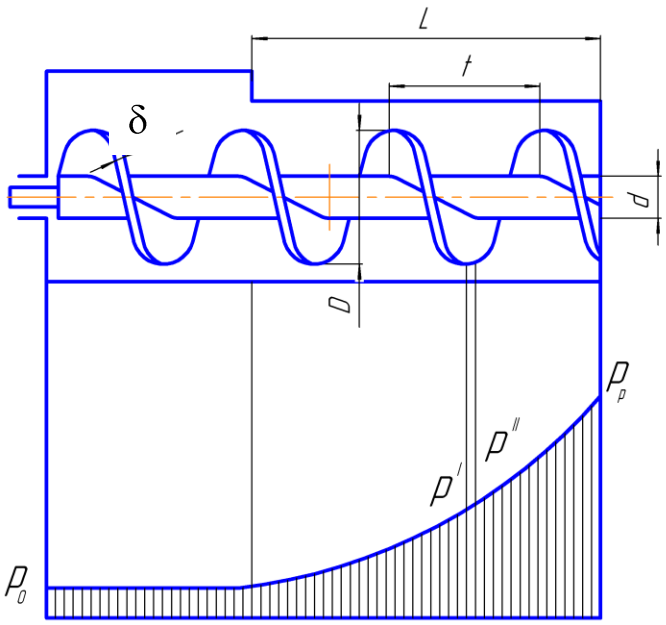


Рис. 19. Схема шнекового нагнетателя и эпюра давлений:
D, *d* – диаметры шнека и его вала; *L* – длина рабочей части нагнетателя;
P_0 и $P_р$ – начальное и конечное давление; *t* – шаг шнека;
δ – толщина витка шнека

Для упрощения расчетов предположим, что нагнетающий шнек имеет плоскую винтовую поверхность со средним углом подъема винтовой линии $\alpha_{ср}$. Осевое перемещение частиц материала по высоте пера шнека будет неодинаковым; это следует учесть путем введения коэффициента отставания

$$К_0 = 1 – (\cos^2 \alpha_{ср} – 0{,}5f \sin^2 \alpha_{ср}), \qquad (10)$$

где f – коэффициент трения.

Производительность одношнекового нагнетателя можно рассчитать по формуле, кг/с

$$П = 0{,}127\ (D^2 – d^2)\ (t – \delta)\ (1 – K_0)\ \rho\psi\omega, \qquad (11)$$

где D – наружный диаметр шнека, м; d – диаметр вала шнека, м, определяемый конструктивными соображениями исходя из условия $d \geq f \dfrac{t}{\pi}$; t – шаг винтовой образующей шнека, м; δ – толщина витка шнека, м; ρ – средняя плотность теста, кг/м^3, при $P = (P_{max} + P_0)/2$ оп-

ределяется по диаграмме состояния теста; ψ – коэффициент подачи теста, для нагнетателей с цилиндрической гладкой поверхностью $\psi = 0{,}2...0{,}3$; ω – угловая скорость вращения шнека, рад/с.

Мощность, требуемую для привода нагнетателя, можно рассчитать по уравнению, Вт

$$N = M_{кр}\,\omega, \tag{12}$$

$$M_{кр} = 0{,}131m\,(1 - К_0)\,P_{max}\,(D^3 - d^3)\,\mathrm{tg}\,\alpha_{ср}, \tag{13}$$

где m – число рабочих шагов шнека.

Расчет тестоделительных машин с валковым нагнетателем

Валковые нагнетатели применяются во многих тестоделительных машинах, предназначенных для переработки пшеничного теста. Построение математической модели этих нагнетателей, расчет их производительности и рабочего давления, создаваемого в зоне нагнетания, достаточно сложны. В настоящее время имеется ряд решений указанных задач, основанных на упрощении действительного процесса и не учитывающих влияния эластично-вязкой и пластичной структуры теста и воздействия на нее колебаний давления.

В общем случае производительность двухвалкового нагнетателя, имеющего валки разного диаметра, вращающиеся с различной частотой, может быть определена по следующей формуле, кг/мин:

$$П = \pi\ell\delta\rho\,(R_1 n_1 К_1 + R_2 n_2 К_2); \tag{14}$$

для случая одинаковых диаметров питательных валков, вращающихся с одинаковой частотой, производительность рассчитывается так:

$$П = 2\pi R\ell\gamma n\rho К, \tag{15}$$

где ℓ – длина рабочей щели питателя, м; γ – ширина щели, м; ρ – средняя плотность теста, кг/м^3; R_1, R_2 – радиусы валков, м; n_1, n_2 – частота их вращения, об/мин; $К_1$, $К_2$ – коэффициенты подачи теста, зависящие от диаметра валка и консистенции теста; для теста

из пшеничной муки I и высшего сортов К = 0,7 при R = 0,15 м; при уменьшении R снижается значение К.

На рис. 20 показана эпюра давлений в зоне действия валкового нагнетателя. Начало возрастания давления в приемной камере соответствует линии максимального питания.

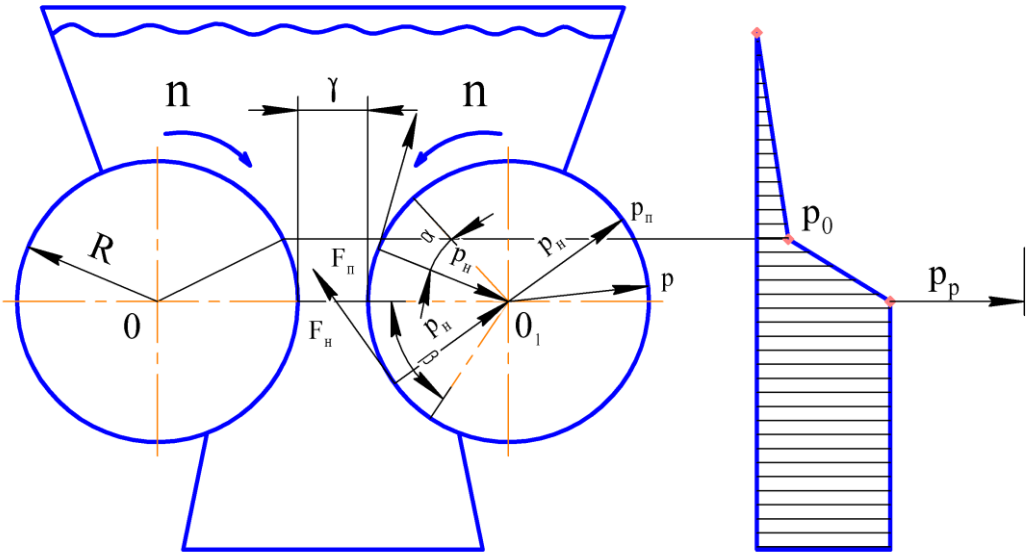


Рис. 20. Расчетная схема валкового нагнетателя и эпюра давлений

Поскольку давление теста на валки передается по нормали, на основании задаваемого рабочего давления и эпюры его изменения по длине рабочей камеры можно определить силы, действующие на валки в зонах питания и нагнетания:

$$P_п = 0{,}5 p_p R \ell \alpha; \quad (16)$$

$$P_н = p_p R \ell \beta. \quad (17)$$

Момент на питательном валке создается под воздействием тангенциальных сил $F_п$, $F_н$, возникающих в результате трения теста о валок и направленных в сторону, противоположную направлению вращения валков:

$$M_п = 0{,}5 p_p R^2 \ell \operatorname{tg} \varphi; \quad (18)$$

$$M_н = p_p R^2 \ell \operatorname{tg} \varphi, \quad (19)$$

где φ – угол трения теста о валок (25–30°); для теста пшеничного в зависимости от рецептуры и влажности tg φ изменяется от 0,47 до 0,57.

Поскольку нагнетательные валки обычно связаны между собой зубчатой передачей и вращаются в разные стороны, их крутящие моменты суммируются. В нашем случае результирующий момент на приводном валу составит, Н · м

$$M = p_p R^2 \ell \, (\alpha + 2\beta) \, \mathrm{tg}\, \varphi. \qquad (20)$$

Мощность, требуемую для привода нагнетательных валков, определим по уравнению, кВт

$$N = Mn/9740\eta_1\eta_2, \qquad (21)$$

где M – результирующий момент, Н · м; n – частота вращения нагнетательного валка, об/мин; η_1, η_2 – КПД подшипников и зубчатой передачи.

7. Содержание и порядок оформления отчета о работе

Отчет должен содержать (согласно заданию преподавателя):

– описание конструкции и принципа действия одной из тестоделительных машин, имеющихся в лаборатории кафедры;

– кинематическую схему тестоделительной машины;

– расчет тестоделительной машины.

Отчет выполняется на специальных бланках кафедры. Эскизы, схемы и тому подобное выполняются карандашом с соблюдением требований ЕСКД; текст пишется ручкой – поршневой или шариковой. По окончании занятия студент сдает преподавателю зачет по работе.

Список литературы

1. Машины и аппараты пищевых производств / С.Т. Антипов и др. – М.: Высш. шк., 2001. – 384 с.

2. Технологическое оборудование хлебопекарных и макаронных предприятий / Б.М. Азаров и др. – М.: Агропромиздат, 1986. – 263 с.

3. Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий / Ю.П. Головань и др. – М.: Агропромиздат, 1988. – 382 с.

4. **Хромеенков В.М.** Оборудование хлебопекарного производства. – М.: Академия, 2000. – 380 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ТЕСТООКРУГЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

1. Цель работы

Целью работы является знакомство с процессом округления тестовых заготовок и классификацией тестоокруглительных машин, а также изучение конструкций тестоокруглителей, применяемых в настоящее время в промышленности, приобретение навыков по расчету тестоокруглительных машин и составлению их принципиальных кинематических схем.

2. Порядок выполнения работы

Приступая к лабораторной работе, студент должен изучить методические указания и рекомендуемую литературу. Затем он может приступить к разборке, изучению и проведению необходимых измерений тестоокруглительной машины (по указанию преподавателя).

В заключение студент составляет и оформляет отчет в соответствии с требованиями, изложенными в разд. 7, и сдает его преподавателю.

Из общего количества времени (4 ч), отводимого на выполнение лабораторной работы, следует затратить:

– на изучение методических указаний и рекомендуемой литературы – 1 ч;

– на разборку, изучение и измерение отдельных элементов тестоокруглительной машины, а также на проведение необходимых расчетов – 2 ч;

– на оформление и сдачу отчета – 1 ч.

3. Классификация тестоокруглительных машин

Округление тестовых заготовок осуществляется между двумя поверхностями рабочих органов машины. Поверхность, которая обеспечивает перемещение заготовки, называется несущей, а поверхность, придающая ей шарообразную форму, – формующей. В зависимости от конструкции несущей и формующей поверхностей (рис. 1) различают следующие виды тестоокруглительных машин.

1. **Тестоокруглительные машины с цилиндрической несущей поверхностью и охватывающей ее спиральной формующей поверхностью** (рис. 1, а). Такие машины широко распространены за рубежом для округления тестовых заготовок из пшеничной муки массой от 0,8 до 2 кг. Округлители этого типа отличаются тем, что они имеют наиболее длинный формующий участок (развернутая длина желоба достигает 4,5 м). Длительность округления легко регулируется путем изменения места загрузки заготовок по высоте цилиндра, для чего последний поворачивают на определенный угол вокруг вертикальной оси. К недостаткам следует отнести несколько неправильную сферическую форму заготовки в результате недостаточного ее вращения вокруг горизонтальной оси, осуществляемого за счет вертикального перемещения последней по цилиндрической поверхности.

2. **Тестоокруглительные машины с конической наружной несущей поверхностью и конической наружной формующей спиралью** (см. рис. 1, б). Эти машины применяются для округления заготовок из пшеничного теста массой от 0,4 до 1,8 кг. На концах округлителя могут располагаться две и более формующих спирали, по которым заготовка проходит последовательно. Длина пути формования регулируется аналогично округлителю, рассмотренному выше.

3. **Тестоокруглительные машины с конической внутренней (чашеобразной) несущей поверхностью и конической внутренней формующей спиралью** (см. рис. 1, в). Эти машины нашли наиболее широкое распространение для округления пшеничных тестовых заготовок массой от 0,1 до 1,2 кг из-за простоты конструкции. Они имеют сравнительно короткий формующий участок и небольшие пределы его регулирования. Форма заготовок нешарообразная, механическое воздействие на заготовку недостаточное.

4. **Ленточные тестоокруглительные машины с горизонтальным несущим ленточным транспортером и двумя наклонными транспортерами, выполняющими одновременно функции формующих и несущих поверхностей** (см. рис. 1, г.). Основным достоинством таких машин является то, что благодаря движению лент транспортеров в противоположных направлениях и с разной скоростью фактическая длина формующего участка в несколько раз превышает длину рабочего участка машины. В результате достигается хорошая проработка поверхности заготовок, но форма не строго

сферическая, однако в расстойнике тестовые заготовки принимают правильную симметричную форму.

5. **Тестоокруглительные машины с плоской горизонтальной несущей поверхностью и сферической формующей плитой, совершающей плоское периодическое круговое движение и периодический подъем, освобождение от округленных заготовок и перемещение на новый ряд заготовок с последующим их опусканием и округлением** (см. рис. 1, д). Такие машины предназначены для округления мелкоштучных булочных изделий массой от 0,02 до 0,15 кг, выходящих из многорядных тестоделительных машин, и обычно компонуются с делителем в единый агрегат. Округлители имеют возможность регулировать интенсивность механического воздействия на тестовую заготовку за счет изменения нижнего положения формующей плиты, а длительность округления – за счет изменения количества рядов ячеек на формующей плите. Воздействие рабочих органов на тесто и их геометрия подбираются так, чтобы получить отформованные заготовки в виде практически идеальных шаров.

6. **Тестоокруглительные машины с несущим органом в виде ячеистого барабана и цилиндрического поддона, совершающих одновременно вращательное и круговое движение** (см. рис. 1, е.). Роль формующей поверхности в таких машинах играет транспортерная лента, огибающая барабан и удерживающая заготовки, а также поворачивающая их вокруг горизонтальной оси за счет разности скоростей несущего барабана и ленточного транспортера.

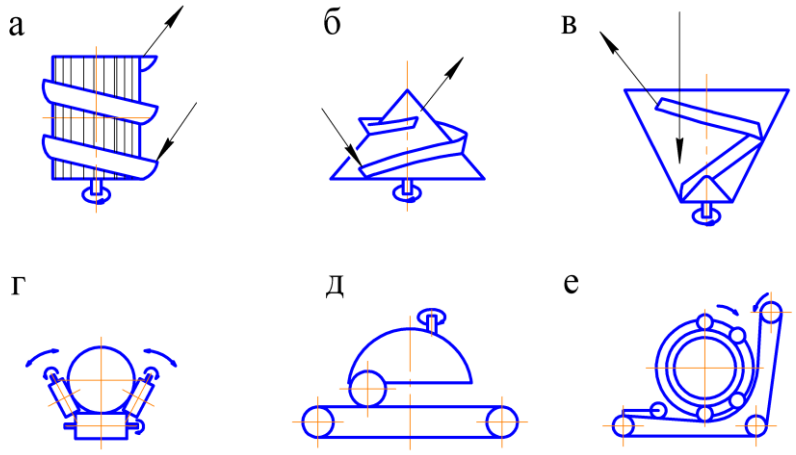


Рис. 1. Принципиальные схемы тестоокруглительных машин

Эти машины являются многорядными и предназначаются для округления тестовых заготовок малых размеров из пшеничного теста массой от 0,04 до 0,12 кг. Регулирование воздействия на тесто осуществляют, изменяя прижим к барабану транспортерной ленты за счет установки сменных барабанов. Округлители обычно компонуются с многорядными тестоделителями в единый агрегат.

4. Некоторые теоретические сведения о процессе округления тестовых заготовок

Округление тестовых заготовок, т. е. придание им шарообразной формы, обычно осуществляется сразу же после деления теста на куски. При выпечке круглых булочек и круглого подового хлеба округление является процессом окончательного формования кусков теста, после чего они поступают на окончательную расстойку.

При производстве других видов изделий из пшеничной муки (батонов, булочек, плетенок и т. п.) округление является лишь первой стадией формования изделия, за которой следует предварительная расстойка.

При округлении кусков теста происходят сглаживание всех неровностей на поверхности куска, получившихся при делении, закрытие пор и образование на поверхности гладкой пленки, препятствующей выходу газа из теста при расстойке, что увеличивает объем куска, дает более равномерную пористость и улучшает внешний вид изделия при выпечке.

При округлении поверхностные слои тестовой заготовки уплотняются и ей придается шарообразная форма. При этом тестовая масса заготовки подвергается многократному и различному по глубине деформированию. При взаимодействии упругоэластичного шара тестовой заготовки с твердой поверхностью формующего желоба возникают силы трения, оказывающие существенное влияние на процесс формования при относительном движении.

Теоретические предпосылки модели процесса базируются на молекулярно-механической теории трения, которая обусловливает двойственную природу возникновения сил на реальной фрикционной площадке, состоящих из деформационной и адгезионной составляющих.

Деформация теста при округлении носит сложный упругий, упругоэластичный и пластичный характер и является основным фактором, определяющим изменения физико-механических свойств поверхностного слоя заготовки. Она обусловливает внешнее трение, приводит к изменению площадки контакта и рельефа поверхности, оказывающих влияние на величины сил трения и уплотнения поверхности слоев заготовки.

Пластическая деформация тестовой заготовки зависит от продолжительности действия нормальной нагрузки. В процессе качения заготовки по твердой поверхности на границе формующего канала имеет место упругое проскальзывание, которое способствует уплотнению и сглаживанию поверхностного слоя заготовки. На площадке контакта возникают силы молекулярного взаимодействия, образуя адгезионные связи, которые зависят от свойств теста и контактируемой с ним поверхности.

При контактировании заготовки с формующим элементом силы адгезии увеличивают силу трения.

Сила трения определяется уравнением

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{д}} + F_{\text{а}}, \qquad (1)$$

где $F_{\text{д}}$ – деформационная составляющая силы трения; $F_{\text{а}}$ – адгезионная составляющая силы трения.

Исходя из представленной физической сущности механизма формования, рассмотрим процесс округления более подробно.

Куски теста, поступающие в округлитель, имеют неправильную форму; установить какие-либо закономерности процесса округления на первых двух-трех оборотах, пока тестовая заготовка не примет форму, близкую к форме шара, не представляется возможным. В дальнейшем процесс округления можно рассматривать как качение упруговязкого эластичного шара по формующей поверхности под действием силы Q (рис. 2). Для упрощения несущую поверхность расположим горизонтально, а формующую – под углом $\gamma = \pi/2$ к ней. За время $\Delta\tau$ формующая поверхность переместится из положения I в положение II. Центр заготовки O_1 переместится в положение O_2. Под действием приложенной силы Q образуется пятно сминания шаровой поверхности на глубину δ.

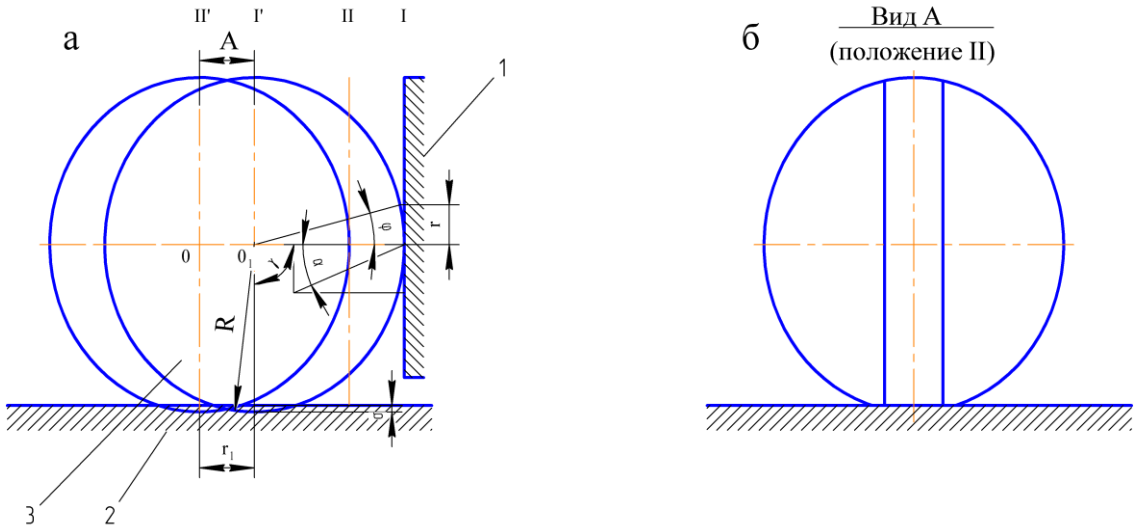


Рис. 2. Схема действия сил при формовании тестовой заготовки в виде шара:
1 – несущая поверхность; *2* – формующая поверхность;
3 – тестовая заготовка

Уменьшение высоты заготовки на величину δ определяется уравнением

$$\delta = R - \sqrt{R^2 - r^2}\,, \qquad (2)$$

где R – радиус заготовки; r – радиус пятна сминания.

Площадь пятна сминания S равна

$$S = \pi r^2. \qquad (3)$$

При перекатывании заготовки происходят ее сминание и скольжение по формующей поверхности со скоростью v, в результате чего заготовка уплотняется, а также происходит сглаживание неровностей на ее поверхности. В дальнейшем уплотненный слой обладает повышенной газо- и формоудерживающей способностью.

За одно перекатывание по формующей поверхности на тестовой заготовке образуется пояс сминания длиной

$$L_{\text{ф}} = 2\pi\,(R - \delta). \qquad (4)$$

Для равномерного окатывания поверхности заготовка должна за время одного перекатывания переместиться по несущей поверхности на расстояние $l_н = r \div 1{,}5r$, при этом скорость перемещения заготовки по несущей поверхности будет ниже, чем по формующей, в b раз , где

$$b = 2\pi \operatorname{cosec} \varphi. \qquad (5)$$

Для пшеничного теста $b = 15 \div 20$. Поэтому усилие, необходимое для перемещения заготовки вдоль несущей поверхности, составляет лишь 1/15–1/20 от усилия Q и им можно пренебречь.

На несущей поверхности также происходит сминание заготовки и образуется опорная площадка радиусом $r_н > r$; поскольку здесь, кроме прочих сил, действует и сила веса заготовки, скольжение на площадке можно не учитывать. С учетом коэффициента скольжения φ фактическая скорость перемещения тестовой заготовки по формующей поверхности будет равна

$$v_{окр} = v\,\varphi. \qquad (6)$$

Сила трения $F_{тр}$ будет направлена в сторону, противоположную скольжению, а ее значение с учетом деформационной и адгезионной составляющих (при скольжении упруговязкоэластичного тела) определяется уравнением

$$F_{тр} = \frac{h}{d}\frac{\sigma_с}{\sigma_N}\pi r^2, \qquad (7)$$

где h – глубина деформационной зоны контакта; d – средний диаметр пятна сминания; $\sigma_с$ – сопротивление тела на сдвиг; σ_N – среднее напряжение сжатия тела в зоне контакта; r – радиус пятна контакта.

В уравнении (7) не учтена зависимость силы трения от скорости скольжения. В области скоростей, возникающих в округлительных машинах ($v = 1 \div 1{,}5$ м/с), сила трения с увеличением скорости уменьшается. Кроме того, с увеличением скорости уменьшается длительность контакта, что также приводит к уменьшению силы трения. В этом случае сила трения будет определяться уравнением

$$F_{\text{ф}} = \left(\frac{h}{d} \frac{\sigma_{\text{c}}}{\sigma_{\text{N}}} \pi r^2 \right) (1 - \xi v_{\text{окр}}), \qquad (8)$$

где ξ – коэффициент, учитывающий уменьшение силы трения с увеличением скорости движения.

Результирующую силу P и ее направление можно определить из суммы моментов *действующей силы* и *силы веса заготовки* относительно точки C. Обозначим угол между приложенной силой Q и направлением результирующей силы P через α, тогда

$$Q = \left(\frac{h}{d} \frac{\sigma_{\text{c}}}{\sigma_{\text{N}}} \pi r^2 \right) (1 - \xi v_{\text{окр}}) \operatorname{ctg} \alpha. \qquad (9)$$

Полученное уравнение позволяет определить величину силы воздействия формующей поверхности округлителя в зависимости от физических свойств теста, скорости скольжения и коэффициента трения теста по формующей поверхности.

Произведя ряд несложных преобразований, получим окончательное выражение для заготовки массой q:

$$Q = \frac{h}{d} \frac{\sigma_{\text{c}}}{\sigma_{\text{N}}} \pi \delta \left[\left(\frac{6g}{\pi p} \right) - \delta \right] (1 - \xi v_{\text{окр}}) \operatorname{ctg} \alpha, \qquad (10)$$

где ρ – плотность заготовки,

$$\rho = \frac{3q}{4\pi R^3}. \qquad (11)$$

Анализ уравнения показал, что изменение массы заготовки q в незначительной степени влияет на силу Q, приложенную к формующей поверхности. Весьма существенно на нее влияют: коэффициент трения, глубина сминания заготовки и величина, пропорциональная отношению σ_c/σ_N.

Проведенный анализ процесса округления и полученные математические зависимости позволяют обосновать конструктивное решение тестоокруглительной машины и рассчитать ее оптимальные параметры.

5. Конструкции тестоокруглительных машин

В настоящем разделе рассматриваются конструкции некоторых тестоокруглительных машин, получивших широкое распространение в промышленности: отечественных – Т1-ХТН, Т1-ХТС; зарубежных – «Гостол» (Югославия) и «Эльген» (Венгрия).

Тестоокруглительная машина Т1-ХТН

Тестоокруглительная машина Т1-ХТН относится к машинам с конической внутренней (чашеобразной) несущей поверхностью и конической внутренней формующей спиралью. Она состоит из основания с приводом, вращающейся конической чаши, неподвижной формующей спирали, механизма регулирования положения спирали и ее фиксации, воздуховодов и электрооборудования (рис. 3).

Основание представляет собой литой чугунный корпус, на котором установлен электродвигатель *4*, связанный клиноременной передачей *5* с червячной передачей *7*, *8*. В клиноременной передаче *5* предусмотрены двухступенчатые шкивы *3* и *6*, что дает возможность при перестановке ремней получать две частоты вращения чаши *2*. Червячное колесо *8* жестко закреплено на ступице *9*, к верхнему фланцу *10* которой прикреплена коническая чаша *2*. Внутри чаши на неподвижную вертикальную ось *11* свободно насажена спираль *1*, которая образует с внутренней поверхностью чаши желоб с изменяющимся к выходу углом наклона. Верхняя часть спирали закрыта крышкой *12* с винтом.

При вращении винта вся спираль перемещается в осевом направлении, поднимаясь или опускаясь относительно оси *11*, создавая необходимый зазор между внутренней поверхностью чаши и кромкой спирали.

Для установки спирали в месте выхода заготовок в верхней части оси *11* установлен диск с двенадцатью отверстиями, в которые входит фиксатор, удерживающий спираль от поворота (на схеме не показаны).

Для предотвращения прилипания тестовых заготовок к рабочим органам в зону формования через два воздуховода подается воздух.

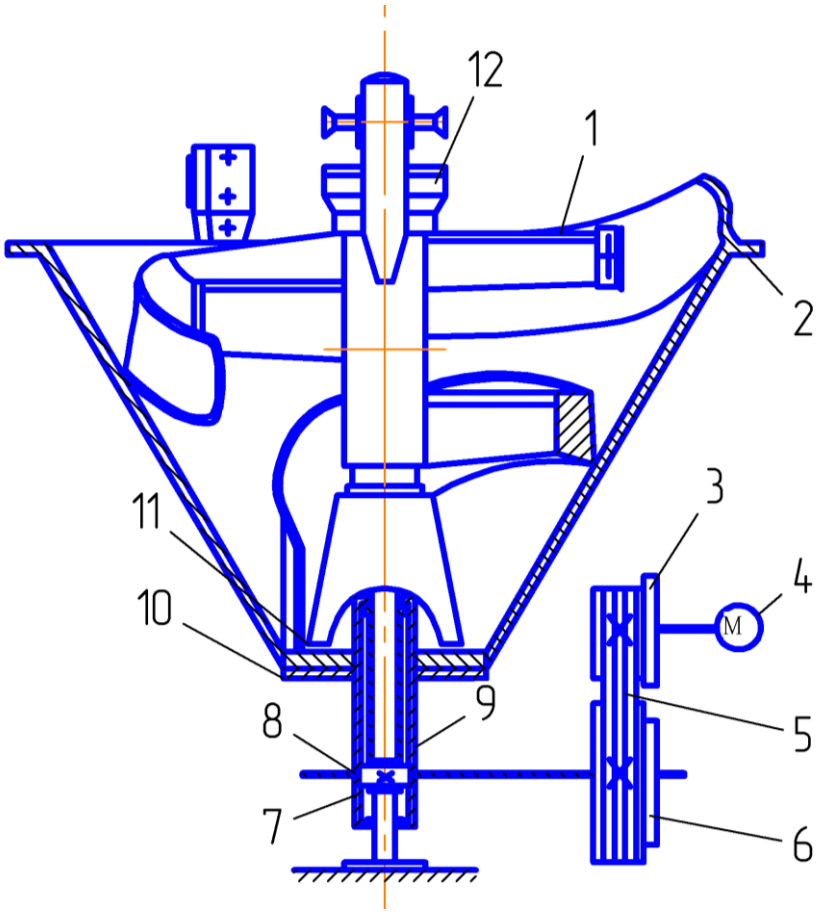


Рис. 3. Кинематическая принципиальная схема
тестоокруглительной машины Т1-ХТН:
1 – спираль; *2* – чаша коническая; *3, 6* – шкивы; *4* – электродвигатель;
5 – клиноременная передача; *7, 8* – червячная передача; *9* – ступица;
10 – фланец; *11* – вертикальная ось

Тестоокруглитель работает следующим образом. Куски теста поступают от тестоделительной машины по промежуточному транспортеру, падают на дно чаши, где, увлекаясь несущей поверхностью вращающейся чаши и перемещаясь по спиральному желобу, принимают шарообразную форму и выдаются из округлителя на последующие технологические операции.

Тестоокруглительная машина Т1-ХТС

Тестоокруглительная машина Т1-ХТС для мелкоштучных булочных изделий аналогична предыдущей и отличается от нее конструкцией спирали, некоторыми элементами привода и уменьшенными размерами. Она состоит из вращающейся малогабаритной конической чаши *8*, внутри которой установлен спиральный желоб *6*, имеющий переменный профиль в поперечном сечении (рис. 4). Желоб выполнен литым из чугуна и укреплен на центральной неподвижной стойке *11*. Коническая чаша нижним основанием закреплена на фланце ступицы *10*. В нижней части этой ступицы находится червячное колесо *12*. Чаша приводится во вращение от электродвигателя *1* через клиноременную передачу с двухступенчатыми шкивами и червячную передачу. Все элементы округлителя смонтированы на станине *14*.

Для изменения направления потока округленных кусков теста при выходе из машины спиральный желоб можно поворачивать и устанавливать относительно неподвижного диска *5* с тридцатью шестью отверстиями, закрепляемого болтом *4*. Для регулирования зазора между внутренней поверхностью вращающейся чаши и спиралью предусмотрен винт *3*. Регулирование правильности зацепления червячной пары осуществляется с помощью гайки *9*.

Благодаря увеличению в процессе округления окружной скорости заготовок происходит увеличение интервала между ними, что исключает их сдваивание. Однако в нижней части машины, где скорость наименьшая и подъем спирального желоба более крутой, сдваивание кусков теста возможно. Во избежание этого необходимо обеспечить ритмичную подачу тестовых заготовок, а также принимать меры по предотвращению их прилипания к поверхности спирали. Для этой цели рабочие поверхности спирали и чаши, а также тестовые заготовки обдуваются воздухом, который подается через патрубок *15*, внутреннюю полость стойки *11* и выходные патрубки *7*.

Тестоокруглитель Т1-ХТС работает аналогично тестоокруглителю Т1-ХТН, с которым он имеет высокую степень унификации. Конструктивно округлитель Т1-ХТС может быть агрегатирован с тестоделителем ХЛС-9, в результате чего получается делительно-округлительный агрегат А2-ХЛ2-С9.

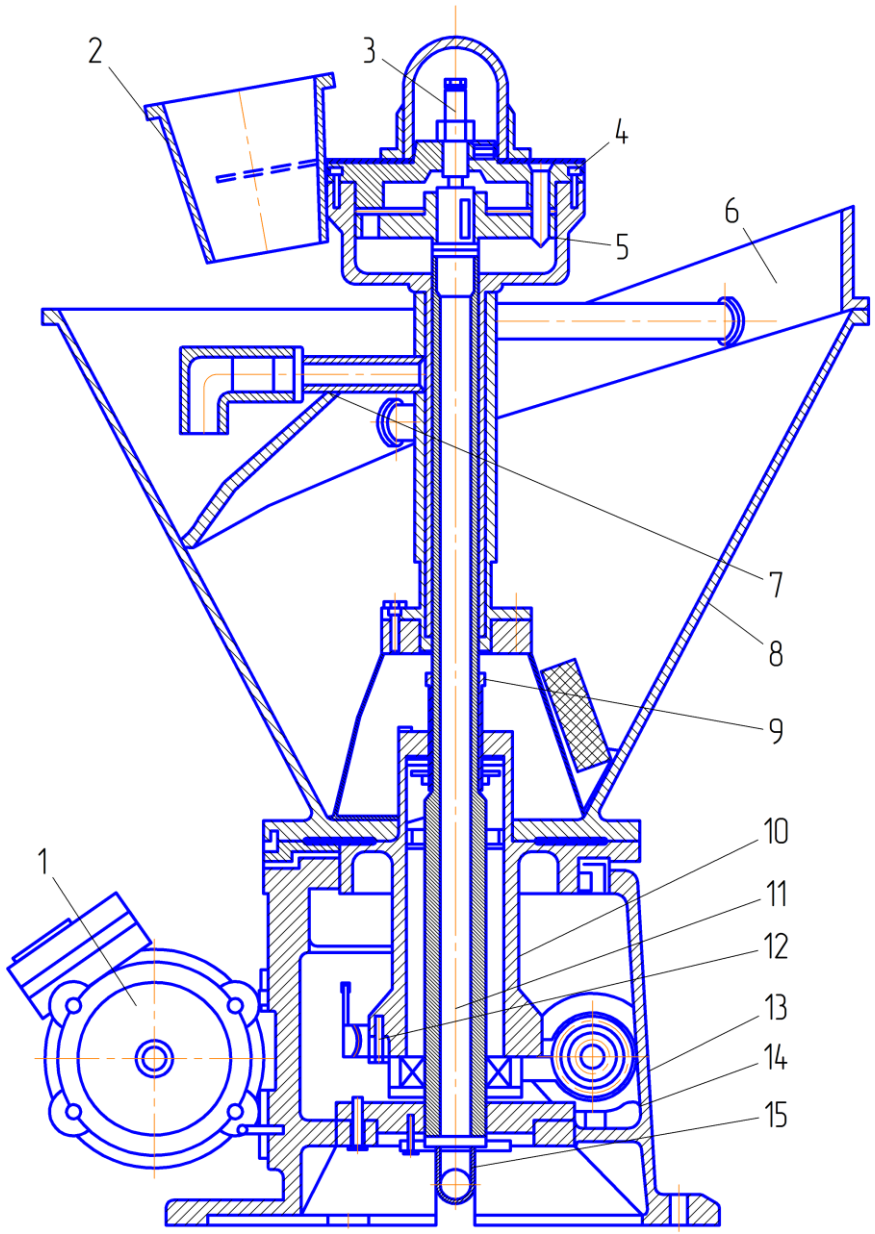


Рис. 4. Тестоокруглительная машина Т1-ХТС:
1 – электродвигатель; *2* – загрузочный бункер; 3 – винт; *4* – болт;
5 – неподвижный диск; *6* – желоб; *7* – выходные патрубки; *8* – коническая чаша;
9 – гайка; *10* – ступица; *11* – неподвижная стойка; *12* – червячное колесо;
13, 14 – станины; *15* – патрубок

Тестоокруглительная машина «Гостол»

Тестоокруглитель «Гостол» (Югославия) относится к машинам с конической наружной несущей поверхностью и конической наруж-

ной формующей спиралью (рис. 5). Он состоит из четырехугольной станины *2*, внутри которой расположены электродвигатель с редуктором и вентилятор для обдувки спирали и конуса теплым воздухом.

Станина установлена на четырех роликах *1* и имеет фиксирующий винт. Пульт управления *3* смонтирован на станине. Несущий конус *4* имеет рифленую поверхность. Вокруг конуса неподвижно на четырех стойках *5* закреплена формующая спираль *6*, обеспечивающая размещение вокруг конуса двух витков, что позволяет значительно удлинить путь тестовой заготовки.

На спираль нанесено тефлоновое покрытие – стойкое, гигиеничное и обладающее высокой антиадгезионной способностью по отношению к тесту.

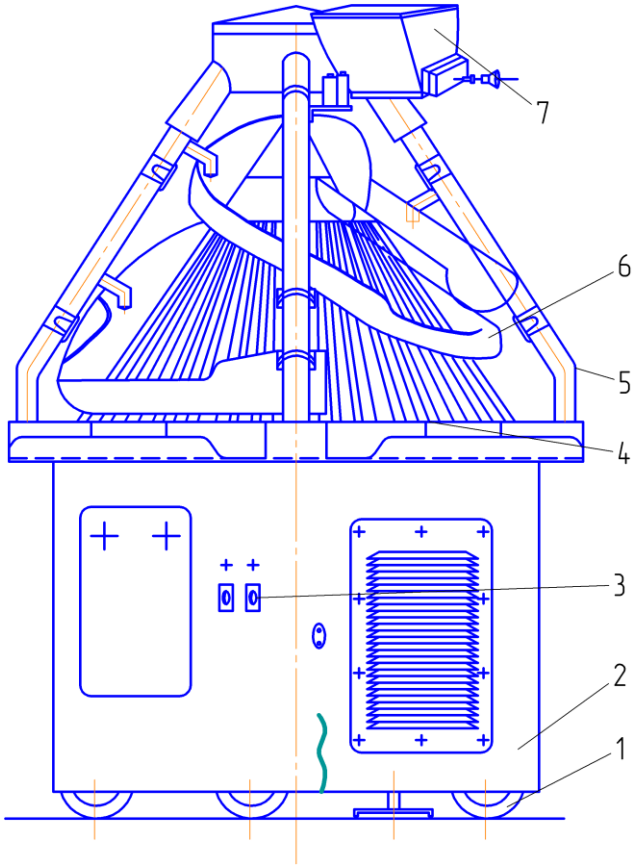


Рис. 5. Тестоокруглительная машина «Гостол»:
1 – ролики; *2* – станина; *3* – пульт управления; *4* – несущий конус;
5 – стойки; *6* – формующая спираль; *7* – мукопосыпатель

Для регулирования длительности округления на спирали имеются в трех местах приемные устройства, что позволяет изменять рабочую длину спирали. В верхней части конуса размещен мукопосыпатель *7* с вибрационным регулируемым приводом, что позволяет экономно расходовать подсыпаемую муку и избегать запыления машины мукой.

К достоинствам машины следует отнести ее компактность и хороший внешний вид, весьма эффективное использование несущей поверхности за счет размещения на ней двух витков формующей спирали с двумя витками и применение обдувки. Синтетическое покрытие рабочих узлов машины облегчает ее санитарную обработку.

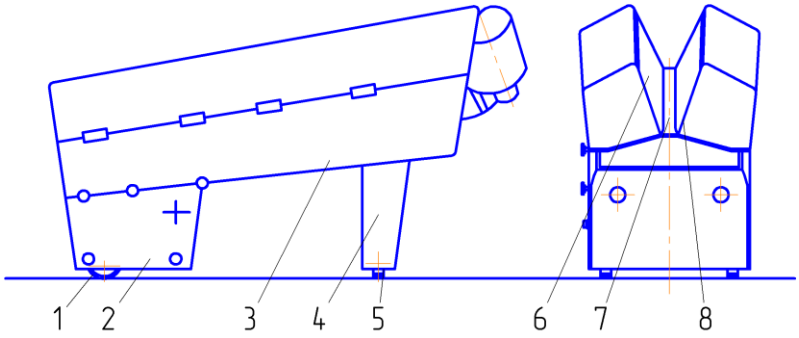
Тестоокруглительная машина «Эльген»

Тестоокруглитель «Эльген» (Венгрия) относится к машинам с ленточными несущими и формующими поверхностями (рис. 6). Он смонтирован на наклонной станине *3*, размещенной на тумбах *2* и *4*.

Передняя тумба установлена на двух роликах *1*, задняя – на двух установочных штифтах *5*. Роль несущих поверхностей выполняют два транспортера *6* и *8*, движущихся в противоположных направлениях. Роль формующей поверхности выполняют сами транспортеры и неподвижная поверхность *7* между транспортерами. Привод, состоящий из электродвигателя и червячного редуктора, расположен на тумбе *2*.

Привод осуществляется от редуктора *9* через двойной шарнир Гука *10* к валику *11* ведущего барабана с помощью цепи. На транспортерной ленте *12* привулканизирован выступ в виде клинового ремня, который удерживает ленту транспортера от сгибания по шкиву. Валики барабана установлены в двух подшипниках на кронштейнах с возможностью их перемещения. Конструкция привода позволяет регулировать угол наклона барабанов и расстояние между ними в зависимости от массы и свойств тестовой заготовки *13*. Приводные барабаны соединены с цепью, причем различные диаметры звездочек *14* и *15* обеспечивают разную скорость лент. Звездочка *16* служит для натяжения цепи. При регулировании приводных барабанов одновременно перемещают с помощью винта и натяжные барабаны.

а



б

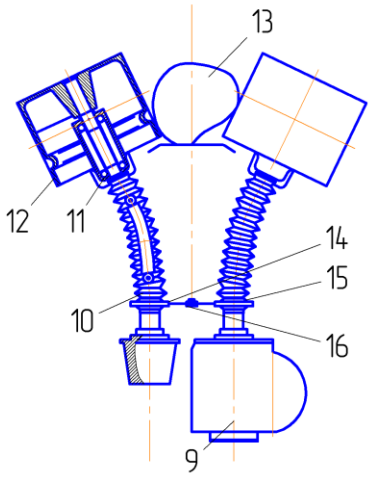


Рис. 6. Тестоокруглительная машина «Эльген»:
а – общий вид; б – конструкция приводных барабанов;
1 – ролики; *2*, *4* – тумбы; *3* – станина; *5* – установочные штифты;
6, 8 – транспортеры; 7 – неподвижная поверхность; *9* – редуктор;
10 – шарнир Гука; *11* – валик; *12* – транспортерная лента; *13* – тестовая заготовка; *14*, *15*, *16* – звездочки

Техническая характеристика вышеописанных тестоокруглительных машин приведена в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	Тестоокруглительные машины			
	Т1-ХТН	Т1-ХТС	«Гостол»	«Эльген»
Масса формующих кусков, кг	0,2–1,1	0,05–0,23	0,4–1,8	0,25 – 2,5
Производительность, шт./мин	До 63	До 100	До 42	До 60
Частота вращения чаши, об/мин	40; 62,5	62,5; 71	80	–
Мощность, кВт: электродвигателя нагревателя воздуха	 1,1 –	 0,6 –	 0,8 1,5	 2,0 –
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	 1060 1015 1028	 720 710 935	 1400 940 1050	 1710 750 918
Масса, кг	335	226	250	650

6. Элементы расчета тестоокруглительных машин

Производительность тестоокруглительных машин $Q_к$, шт./мин, с конической несущей поверхностью определяется из выражения

$$Q_к = \frac{\lambda \pi D n \mu}{d}, \qquad (12)$$

где λ – коэффициент, учитывающий отклонения в размерах кусков теста, поступающих в округлитель, можно принимать $\lambda = 0{,}8 \div 0{,}85$; D – диаметр рабочей поверхности несущего органа, м; n – частота вращения несущего органа, об/мин; μ – коэффициент, учитывающий отставание числа оборотов куска теста вокруг оси несущего органа от числа оборотов несущего органа, можно принимать $\mu = 0{,}65$; d – диаметр округленного куска теста, м.

В округлителях с убывающей скоростью движения кусков теста диаметр рабочей поверхности несущего органа D принимается как диаметр горизонтального сечения на выходе кусков теста из-под поверхности трения. В округлителях с возрастающей скоростью движения кусков теста D принимается как диаметр горизонтального сечения при входе кусков теста на поверхность трения.

Диаметр округленного куска теста d, м, можно определить из равенства объемов

$$\frac{\pi d}{6} = \frac{q}{\rho}. \tag{13}$$

Откуда

$$d = \sqrt[3]{\frac{6q}{\pi\rho}}, \tag{14}$$

где q – масса куска теста, поступающего в округлитель, кг; ρ – плотность куска теста, кг/м^3, можно принять $\rho = 1100 \div 1200$ кг/м^3.

Из формулы производительности можно определить необходимую частоту вращения несущего органа h, об/мин:

$$h = \frac{Q_к d}{\lambda \pi D \mu} = \frac{Q_к \sqrt[3]{\frac{6q}{\pi\rho}}}{\lambda \pi D \mu}. \tag{15}$$

Производительность ленточных тестоокруглительных машин ($Q_п$, шт./мин) рассчитывается по формуле

$$Q_п = \frac{60 v_п}{a}, \tag{16}$$

где $v_п$ – скорость перемещения куска теста при округлении, м/с; a – шаг кусков теста, м.

Скорость перемещения куска теста при округлении можно определить из выражения

$$v_{\text{п}} = v_{\text{н}} - v_{\text{ф}} \frac{\varepsilon}{2}, \qquad (17)$$

где $v_{\text{н}}$ – скорость несущей ленты, м/с; $v_{\text{ф}}$ – скорость формующей ленты, м/с; ε – коэффициент проскальзывания, можно принять ε = 0,8.

7. Содержание и порядок оформления отчета о работе

Отчет должен содержать:

– описание конструкции и принципа действия одной из тестоокруглительных машин, имеющихся в лаборатории кафедры;

– кинематическую схему тестоокруглительной машины;

– расчет тестоокруглительной машины.

Эскизы, схемы и тому подобное выполняются с соблюдением требований ЕСКД.

По окончании занятия студент сдает преподавателю зачет по работе.

Список литературы

1. **Головань Ю.П., Ильинский Н.А., Ильинская Т.Н.** Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий. – М.: Агропромиздат, 1988. – 382 с.

2. **Лисовенко А. Т.** Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. – 208 с.

3. Технологическое оборудование хлебопекарных и макаронных предприятий / Б.М. Азаров, А.Т. Лисовенко, С.А. Мачихин и др. – М.: Агропромиздат, 1986. – 263 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
РАССТОЙНЫЕ ШКАФЫ

1. Цель работы

Целью работы является знакомство с процессом расстойки тестовых заготовок и классификацией расстойных шкафов, а также изучение конструкций расстойных шкафов, применяющихся в настоящее время в хлебопекарной промышленности, приобретение навыков по расчету расстойных шкафов и составлению их принципиальных кинематических схем.

2. Порядок выполнения работы

Студент, приступая к выполнению лабораторной работы, должен изучить методические указания и рекомендуемую литературу. Затем он может приступить к практическому изучению и проведению необходимых измерений расстойного шкафа (по указанию преподавателя).

В заключение студент составляет и оформляет отчет в соответствии с требованиями, изложенными в разд. 7, и сдает его преподавателю.

Из общего количества времени (4 ч), отводимого на выполнение лабораторной работы, следует затратить:

на изучение методических указаний и рекомендуемой литературы – 1 ч;

на практическое изучение и измерение отдельных элементов расстойного шкафа, а также на проведение необходимых расчетов – 2 ч;

на оформление и сдачу отчета – 1 ч.

3. Основные сведения о процессе расстойки тестовых заготовок

Технологическое назначение расстойки заключается в восстановлении пористой структуры теста, утраченной при делении и формовании заготовок. Процесс расстойки тестовых заготовок состоит из двух этапов – предварительной расстойки и окончательной.

Предварительная расстойка применяется при разделке теста из сортовой пшеничной муки и осуществляется после округления. В процессе деления теста и последующего округления тестовой заготовки клейковинный каркас теста частично нарушается, поэтому перед последующим механическим воздействием формующей машины необходимо восстановить нарушенную структуру теста, используя для этого предварительную расстойку. Исследования показали, что применение предварительной расстойки заметно увеличивает объем и пористость булочных и сдобных изделий. Эта операция осуществляется в течение 5–8 мин и не требует определенных параметров воздушной среды. В ряде случаев она осуществляется непосредственно в цехе в период перемещения тестовых заготовок транспортирующими устройствами. При этом поверхность кусков теста несколько подсыхает, что снижает последующее прилипание теста к рабочим органам формующей машины.

Окончательная расстойка – это период интенсивного брожения сформованных тестовых заготовок перед выпечкой. В процессе образования тестовой заготовки нарушается пористая структура теста и почти полностью удаляется диоксид углерода. В полуфабрикате его остается лишь 8–14 % от общего количества, которое должно быть в заготовке к началу выпечки, поэтому основная часть диоксида углерода образуется во время окончательной расстойки. В процессе расстойки восстанавливается нарушенный при формовании клейковинный каркас, формируется структура пористости будущего готового изделия. Поверхность тестовых заготовок становится гладкой, эластичной и газонепроницаемой. В конце расстойки тестовые заготовки значительно увеличиваются в объеме (в среднем в 1,4 раза), а плотность их снижается на 30–35 %.

Окончательную расстойку проводят при определенных параметрах окружающей среды. Например, температура воздуха должна быть в пределах 38–40 °С, так как при этой температуре происходит наиболее интенсивное образование диоксида углерода. Относительная влажность воздуха при окончательной расстойке должна составлять не менее 70 %. При меньшей влажности существует опасность завет-ривания тестовых заготовок, в результате чего на их поверхности образуется сухая пленка, которая под давлением газов разрывается. В результате этого на корке готового изделия могут образовываться разрывы и трещины. При достаточном увлажнении верхний слой тес-

товых заготовок становится эластичным и легко растягивается под действием диоксида углерода без разрывов, что обеспечивает высокую газоудерживающую способность.

Продолжительность окончательной расстойки для разных изделий может колебаться от 35 до 100 мин. Эти колебания зависят от ряда факторов:

– тестовые заготовки из слабой муки расстаиваются быстрее, чем заготовки из сильной муки;

– увеличение количества дрожжей или их активности при достаточном содержании сахара в тесте сокращает продолжительность расстойки;

– заготовки, помещенные в формы, расстаиваются более длительное время, чем заготовки подовых изделий, так как стенки формы сдерживают расплывание теста;

– заготовки из ржаного теста расстаиваются быстрее, чем заготовки из пшеничного теста, так как газообразующая способность ржаной муки выше, а газоудерживающая значительно ниже, чем у пшеничной муки;

– большое содержание сдобящих веществ (сахара и жира) по рецептуре в изделии увеличивает продолжительность расстойки; так, тестовые заготовки для сдобных изделий расстаиваются 50–100 мин, а заготовки той же массы из булочного теста расстаиваются 35–50 мин.

Оборудованием для окончательной расстойки тестовых заготовок служат конвейерные расстойные шкафы, которые устанавливаются между формующей машиной и печью. На мелких предприятиях и в отдельных цехах хлебозаводов для расстойки используют подканые вагонетки, которые помещены в камеры с соответствующими параметрами воздушной среды.

4. Классификация расстойных шкафов

Поскольку, как указывалось выше, расстойка тестовых заготовок бывает предварительной (только для подовых изделий из пшеничной сортовой муки) и окончательной (практически для всех изделий), то соответствующее оборудование можно классифицировать таким же образом – для предварительной и окончательной расстойки. При этом следует отметить, что и для предварительной, и для окон-

чательной расстойки применяются конвейерные расстойные шкафы различных конструкций. Однако если для окончательной расстойки этот вид оборудования является основным, то для предварительной расстойки конвейерные шкафы применяются достаточно редко, главным образом используются транспортирующие устройства, перемещающие тестовые заготовки в цехе между округляющей и формующей машинами. Поэтому в дальнейшем ограничимся рассмотрением оборудования лишь для окончательной расстойки тестовых заготовок, как наиболее распространенного на предприятиях хлебопекарной промышленности.

Конвейерные люлечные шкафы для окончательной расстойки тестовых заготовок в зависимости от высоты производственного помещения, типа печи и способов загрузки и выгрузки могут выполняться Г-образной, П-образной и Т-образной форм. По расположению цепного конвейера шкафы подразделяются на горизонтальные, вертикальные и комбинированные. По технологическому назначению шкафы делятся на универсальные и специализированные.

Универсальные конвейерные шкафы предназначены для окончательной расстойки тестовых заготовок при выработке широкого ассортимента хлебобулочных изделий, что является их достоинством. Недостаток их заключается в затруднении механизации загрузки и разгрузки люлек.

Специализированные конвейерные шкафы предназначены для окончательной расстойки тестовых заготовок при выработке изделий только какой-то определенной формы и массы. Эти шкафы имеют в комплекте механизмы для загрузки и разгрузки люлек и применяются в автоматизированных поточных линиях.

В конвейерных расстойных шкафах возможно применение как однополочных, так и многополочных люлек. Многополочные люльки позволяют значительно уменьшить габаритные размеры расстойного шкафа. Однако у этих люлек центр тяжести находится выше, чем у однополочных. Вследствие этого в стандартном режиме кратковременных пусков конвейера шарнирно подвешенные на цепях люльки начинают раскачиваться. Это может привести к их сцеплению в шкафу, а также к падению с полок люлек листов с тестовыми заготовками подовых изделий. Причем вероятность этого тем больше, чем больше полок имеет люлька. Поэтому в современных конструкциях конвейерных расстойных шкафов в люльке всего две полки. При рас-

стойке изделий в формах верхняя полка снимается и люлька превращается в однополочную.

В настоящее время для окончательной расстойки тестовых заготовок серийно выпускаются и применяются следующие конвейерные шкафы:

– универсальные (Т1-ХР-2А-30, Т1-ХР-2А-48, Т1-ХР-2А-72, Т1-ХР2-Г-30, Т1-ХР2-Г-48);

– специализированные (ЛА-23М; РШВ с модификациями для расстойки тестовых заготовок батонообразных изделий; Т1-ХР2-3-60, Т1-ХР2-3-120 – для расстойки тестовых заготовок круглого подового хлеба).

5. Некоторые конструкции шкафов для окончательной расстойки тестовых заготовок

В настоящем разделе приводятся описание некоторых конструкций и технические характеристики конвейерных шкафов для окончательной расстойки тестовых заготовок, применяемых в настоящее время на хлебопекарных предприятиях страны.

Универсальные расстойные шкафы Т1-ХР-2А

Универсальные расстойные шкафы Т1-ХР-2А выпускаются в трех модификациях: Т1-ХР-2А-30, Т1-ХР-2А-48 и Т1-ХР-2А-72.

Расстойный шкаф Т1-ХР-2А представляет собой секционный каркас Г-образной формы (рис. 1), облицованный теплоизоляционными щитами *1*, *17*, с дверцами *5*, внутри которого смонтирован четырехниточный конвейер.

Каркас шкафа Т1-ХР-2А-30 состоит из объемных секций: вертикальной *16*, лобовой *2* и концевой *6*. В шкафах Т1-ХР-2А-48 и Т1-ХР-2А-72 имеются также промежуточные секции *3*. В вертикальной секции установлен приводной вал *19* с ведущими звездочками *18*, а в лобовой и концевой секциях – оси с поворотными звездочками *12* и натяжная станция *13*. Ведущие, поворотные и натяжные звездочки огибаются тяговыми втулочными цепями *4* с шагом 100 мм.

Для подвешивания люлек в цепях предусмотрены специальные пальцы. Цепи перемещаются по направляющим *15*, установленным в промежутках между поворотными звездочками. Двухполочные

люльки *10* закреплены шарнирно на пальцах цепи с шагом 500 мм. Система кондиционирования воздуха *7* создает внутри шкафа необходимый климатический режим (температуру и относительную влажность).

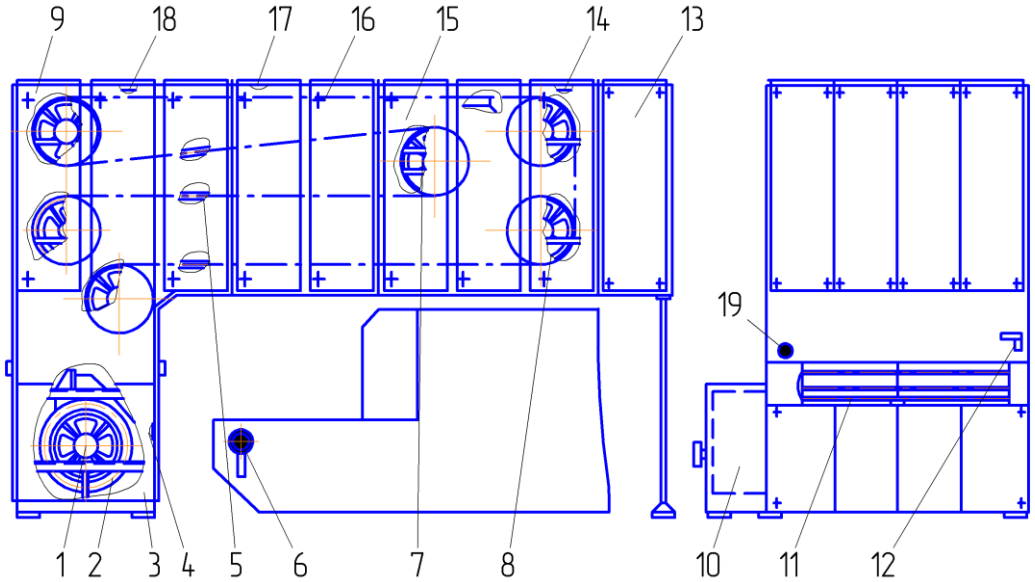


Рис. 1. Общий вид универсального расстойного шкафа Т1-ХР-2А:
1, 17 – теплоизоляционные щиты; *2* – лобовая секция;
3 – промежуточные секции; *4* – тяговые втулочные цепи; *5* – дверцы;
6 – концевая секция; *7* – система кондиционирования воздуха;
8, 9 – посты управления; *10* – двухполочные люльки;
11 – электродвигатель привода; *12* – поворотные звездочки;
13 – натяжная станция; *14* – механизм включения; *15* – направляющие;
16 – вертикальная секция; *18* – ведущие звездочки; *19* – приводной вал

Расстойка тестовых заготовок подовых изделий осуществляется на листах, установленных на двух полках люльки. При выработке формового хлеба верхняя полка снимается, а формы с тестом устанавливаются только на нижнюю полку. Загружают и разгружают люльки вручную через окна вертикальной секции.

Расстойные шкафы Т1-ХР-2А-30, Т1-ХР-2А-48 и Т1-ХР-2А-72 по конструкции и принципу действия идентичны и отличаются только количеством промежуточных секций *3* каркаса и люлек *10*. Включение электродвигателя привода *11* конвейера может осуществляться вручную с поста управления *9*, от реле времени или непосредственно от печи с помощью механизма включения *14*. Для выключения привода конвейера в аварийных случаях имеется пост управления *8*.

Привод расстойного конвейера (рис. 2, а) действует от электродвигателя *3*, который через ременную передачу *2*, цилиндрический редуктор *1* и зубчатую передачу *4* вращает приводной вал *5*. Движение люлечного конвейера равномерно-прерывистое, что обеспечивается механизмом регулирования продолжительности расстойки. Этот механизм состоит из диска *6* с подвижными упорами *7* и конечного выключателя *8*. Число упоров на диске кратно количеству рабочих люлек конвейера расстойки. Диск приводится в движение от приводного вала *5* конвейера через цепную передачу *10* и при перемещении конвейера на один шаг люлек поворачивается на $1/R$ оборота, где R – число упоров на диске. При этом каждый упор диска нажимает на ролик *9* конечного выключателя, размыкает цепь магнитного пускателя, выключая электродвигатель конвейера. Каждый упор можно поставить в одно из следующих положений: рабочее, когда при прохождении зоны конечного выключателя он воздействует на ролик *9*; нерабочее, когда упор «утоплен» так, что он не взаимодействует с роликом конечного выключателя. Это позволяет регулировать продолжительность расстойки, не меняя производительности люлечного конвейера, и обеспечивает синхронную работу этого люлечного конвейера с печью.

Если в работе участвуют все упоры, то электродвигатель включается после каждого перемещения конвейера на один шаг люлек. В этом случае все люльки поочередно останавливаются против окон загрузки и разгрузки и длительность расстойки будет максимальной. Если один или несколько упоров поставить в нерабочее положение, то соответствующее число люлек будет проходить зоны загрузки и выгрузки без остановки. Это приводит к сокращению времени расстойки. Так как из общего количества упоров может отключаться половина, продолжительность расстойки может регулироваться в диапазоне 1:2. Выключение из работы двух упоров, а следовательно, и двух люлек подряд не допускается, так как это приводит к нарушению ритма работы.

Механизм включения (см. рис. 2, б) смонтирован рядом с приводным валом печи и состоит из диска *12* с двумя съемными пальцами *13* и конечного выключателя *14*. Вращение диск получает от приводного вала печи с помощью цепной передачи *11*. При вращении диска пальцы включают электродвигатель конвейера расстойки. При выработке подовых изделий одна двухполочная люлька расстойного

шкафа загружает две люльки тупиковой печи или два ряда тоннельной печи. В этом случае диск механизма включения работает с одним пальцем, другой палец снимается. При выработке формовых изделий каждая люлька конвейера расстойки загружает одну люльку тупиковой печи или один ряд тоннельной, поэтому диск работает с двумя пальцами.

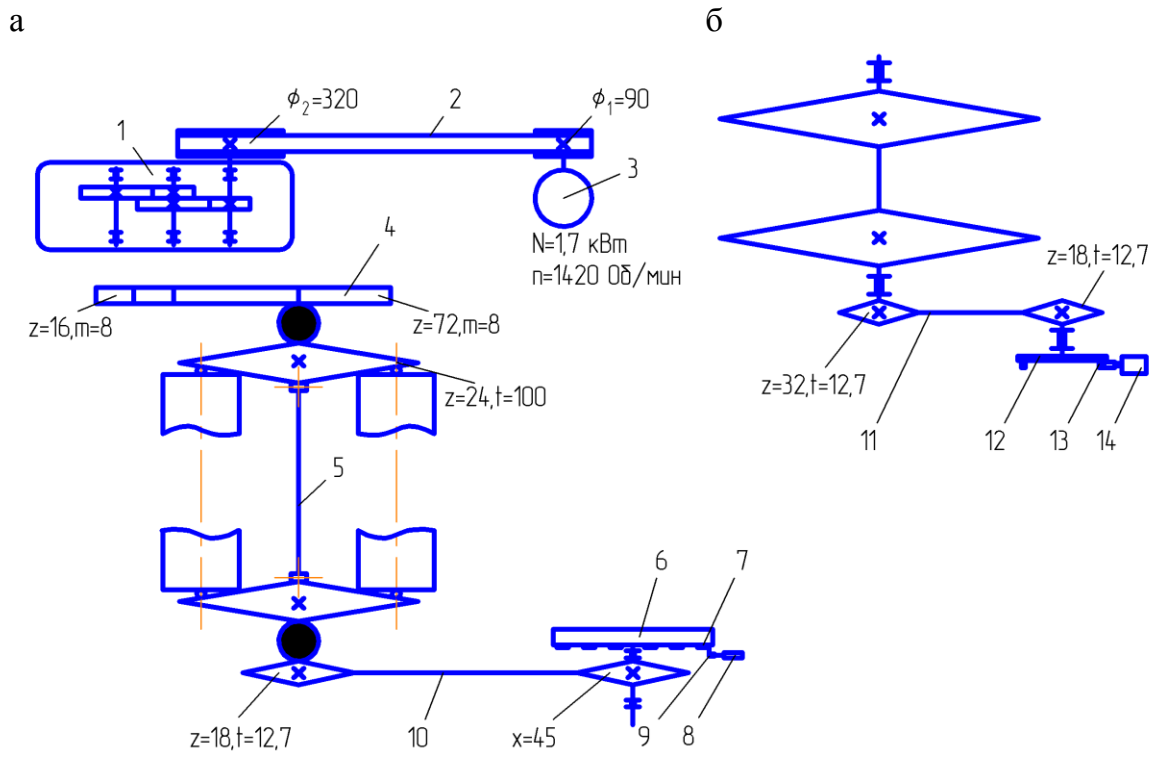


Рис. 2. Принципиальная кинематическая схема привода люлечного конвейера расстойного шкафа Т1-ХР-2А:
а – схема привода; б – механизм включения;
1 – цилиндрический редуктор; *2* – ременная передача; *3* – электродвигатель; *4* – зубчатая передача; *5* – приводной вал; *6, 12* – диски; *7* – подвижные упоры; *8, 14* – конечные выключатели; *9* – ролик; *10, 11* – цепная передача; *13* – съемные пальцы

Техническая характеристика модификаций расстойного шкафа Т1-ХР-2А приведена в табл. 1.

Таблица 1

Техническая характеристика

Показатель	Т1-ХР-2А-30	Т1-ХР-2А-48	Т1-ХР-2А-72
Производительность (техническая) при расстойке тестовых заготовок батонов нарезных массой 0,4 кг из пшеничной муки I сорта, кг/ч	410	565	870
Диапазон измерения времени расстойки (при максимальной величине 55 мин)	2	2	2
Масса изделий, кг	0,05–2	0,05–2	0,05–2
Число люлек:			
общее	34	52	76
рабочих	30	48	72
Температура паровоздушной среды внутри шкафа, °С	32–40	32–40	32–40
Относительная влажность среды внутри шкафа, %	70–90	70–90	70–90
Установленная мощность, кВт:			
электродвигателей	2,6	2,6	2,6
электронагревателей	6	6	6
Габаритные размеры, мм:			
длина	5500	7000	10000
ширина	3300	3300	3300
высота	4000	4000	4000
Масса, кг	5600	6275	8300

Универсальные расстойные шкафы Т1-ХР-2А предназначены для окончательной расстойки тестовых заготовок хлебобулочных изделий широкого ассортимента. Они применяются в комплексе с хлебопекарными печами, имеющими ширину пода 1,9–2,1 м (нормальный под).

Универсальные расстойные шкафы Т1-ХР2-Г

Универсальные расстойные шкафы Т1-ХР2-Г (рис. 3) выпускаются в двух модификациях – Т1-ХР2-Г-30 и Т1-ХР2-Г-48.

Расстойные шкафы Т1-ХР2-Г-30 и Т1-ХР2-Г-48 (см. рис. 3) идентичны по конструкции с той лишь разницей, что шкаф Т1-ХР2-Г-48 имеет еще одну промежуточную секцию. Они представляют собой секционный каркас Г-образной формы, облицованный теплоизоляционными щитами *1*, *15*, с дверцами *5*, внутри которого смонтирован четырехниточный цепной конвейер *4*.

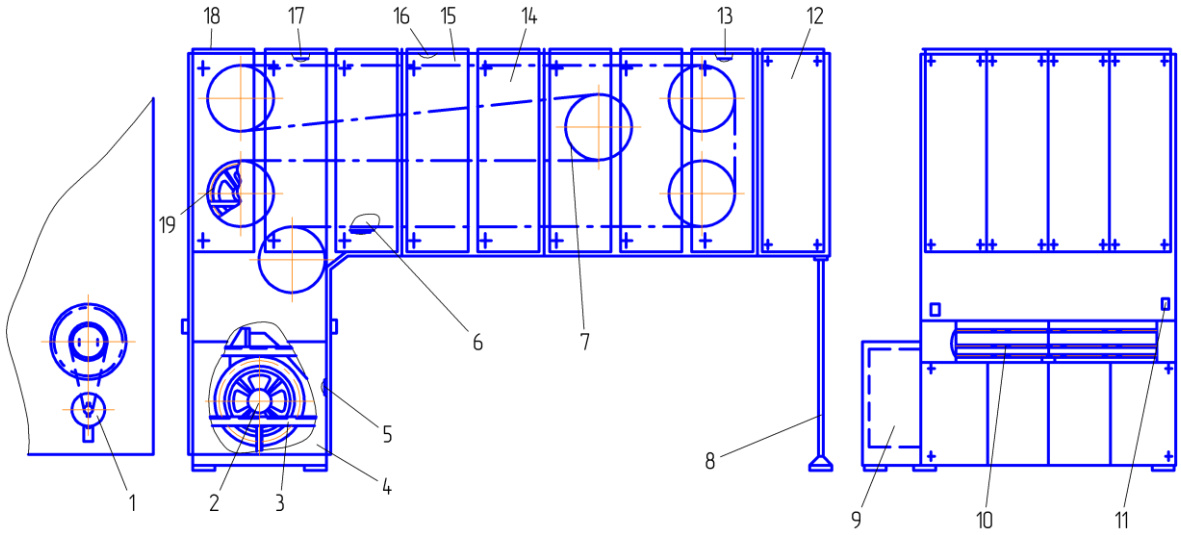


Рис. 3. Общий вид универсального расстойного шкафа Т1-ХР2-Г:
1, 15 – теплоизоляционные щиты; *2* – лобовая секция; *3* – промежуточная секция; *4* – цепной конвейер; *5* – дверцы; *6* – концевая секция; *7* – кондиционер; *8* – пульт управления; *9* – двухполочные люльки; *10* – привод; *11* – подставки; *12* – натяжная станция; *13* – направляющие; *14* – вертикальная секция; *16* – звездочки; *17* – приводной вал; *18* – механизм включения; *19* – поверхностные звездочки

Каркас шкафа Т1-ХР2-Г-30 состоит из объемных секций, сваренных из уголков: вертикальной *14*, лобовой *2*, концевой *6*, а в шкафу Т1-ХР2-Г-48 – также промежуточной *3*.

В вертикальной секции установлен приводной вал *17* со звездочками *16*, в лобовой и концевой секциях – оси с поворотными звездочками *19* и натяжная станция *12*. Ведущие, поворотные и натяжные звездочки огибаются тяговыми цепями с шагом 100 мм. Для подвешивания люлек в цепи предусмотрены специальные консольные пальцы. Цепи перемещаются по направляющим *13*, установленным в промежутках между поворотными звездочками. Двухполочные люльки *9* закреплены шарнирно на пальцах с шагом 500 мм.

В расстойном шкафу установлен унифицированный привод *10* конвейера. Электродвигатель привода включается путем нажатия кнопки «Пуск» на пульте управления *8* или непосредственно от печи с помощью механизма включения *18*. Для регулирования длительности расстойки есть устройство с дистанционным управлением.

Параметры расстойной среды (температура и относительная влажность) поддерживаются и регулируются с помощью встроенного кондиционера *7*. Горизонтальная часть расстойного шкафа опирается на подставки *11*, сваренные из швеллеров.

Принципиальная кинематическая схема универсального расстойного шкафа Т1-ХР2-Г изображена на рис. 4.

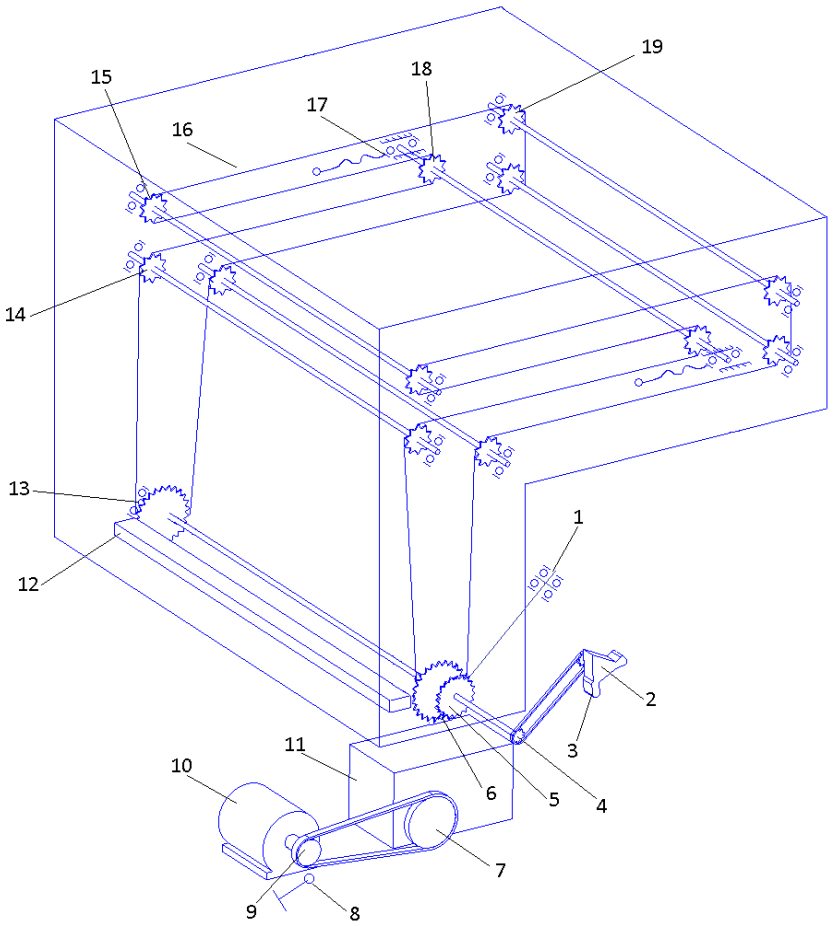


Рис. 4. Принципиальная кинематическая схема универсального расстойного шкафа Т1-ХР2-Г:
1 – предохранительная муфта; *2* – механизм останова;
3, 4, 13, 14, 15, 18, 19 – звездочки; *5, 6* – шестерни; *7, 9* – шкивы клиноременной передачи; *8* – электромагнитный тормоз; *10* – электродвигатель; *11* – редуктор;
12 – двухполочная люлька; *16* – тяговая цепь; *17* – натяжная станция

Техническая характеристика модификаций универсального расстойного шкафа Т1-ХР2-Г приведена в табл. 2.

Таблица 2

Техническая характеристика

Показатель	Т1-ХР2-Г-30	Т1-ХР2-Г-48
Производительность (техническая) при расстойке тестовых заготовок батонов нарезных массой 0,4 кг из пшеничной муки I сорта, кг/ч	263	426
Диапазон измерения времени расстойки (при максимальной величине 55 мин)	2	2
Масса изделий, кг	0,05–2	0,05–2
Число люлек:		
общее	34	52
рабочих	30	48
Температура паровоздушной среды внутри шкафа, °С	32–40	32–40
Относительная влажность среды внутри шкафа, %	70–90	70–90
Установленная мощность, кВт:		
электродвигателей	2,6	2,6
электронагревателей	6	6
Габаритные размеры, мм:		
длина	5300	6800
ширина	2700	2700
высота	4000	4000
Масса, кг	4970	5840

Универсальные расстойные шкафы Т1-ХР2-Г предназначены для окончательной расстойки тестовых заготовок хлебобулочных изделий широкого ассортимента. Они применяются в комплексе с хлебобулочными печами, имеющими ширину пода 1,4–1,5 м (узкий под).

Специализированные расстойные шкафы Т1-ХР2-3

Специализированные расстойные шкафы Т1-ХР2-3 выпускаются в двух модификациях – Т1-ХР2-3-60 и Т1-ХР2-3-120.

Шкафы окончательной расстойки марок Т1-ХР2-3-60 и Т1-ХР2-3-120 унифицированы и различаются компоновкой и производительностью.

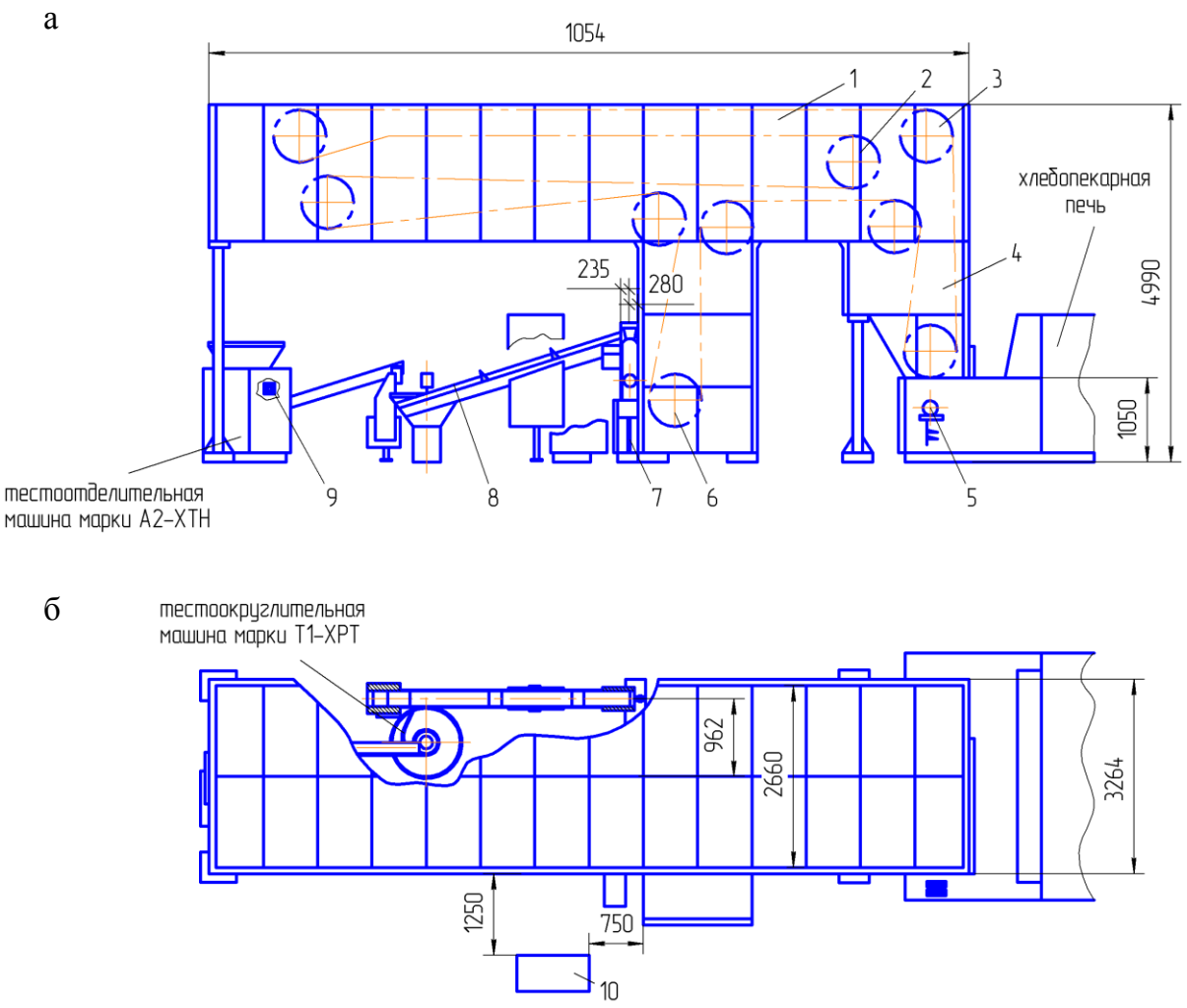


Рис. 5. Общий вид специализированного расстойного шкафа Т1-ХР2-3-120:
а – вид сбоку; б – вид сверху;
1 – камера окончательной расстойки; *2* – натяжные звездочки;
3 – поворотные звездочки; *4* – разгрузочная секция; *5* – механизм включения;
6 – ведущие звездочки; *7* – манипулятор-укладчик; *8* – конвейер подачи;
9 – механизм останова; *10* – щит управления

Шкаф окончательной расстойки Т1-ХР2-3-120 (рис. 5) состоит из конвейера подачи *8*, манипулятора-укладчика *7*, камеры окончательной расстойки *1*, щита управления *10*, механизма включения *5*, механизма останова *9*.

Конвейер подачи предназначен для транспортирования тестовых заготовок от тестоокруглительной машины к манипулятору-укладчику. Он представляет собой металлоконструкцию, на которой смонтирован привод, ведущий и натяжной барабаны, мукопосыпатель, кантователи и мукосборник.

Манипулятор-укладчик представляет собой раму, на которой смонтированы питатель, горизонтальный конвейер и привод. Манипулятор-укладчик снабжен клиноременным вариатором, позволяющим изменять его производительность.

Расстойная камера представляет собой каркас, состоящий из унифицированных секций, внутри которого смонтирован четырехниточный люлечный конвейер. Он состоит из двух параллельных тяговых пластинчато-катковых цепей с шагом 100 мм, охватывающих ведущие *6*, поворотные *3* и натяжные *2* звездочки. Через каждые три звена цепи конвейера шарнирно подвешены люльки с восьмикарманными кассетами. Для натяжения цепей предусмотрены натяжные станции.

В разгрузочной секции *4* установлены устройство для поворота кассет люлек и их разгрузки, а также копир для предотвращения раскачивания люлек при повороте кассет.

Принципиальная кинематическая схема шкафа окончательной расстойки изображена на рис. 6.

Привод конвейера расстойки смонтирован на раме и состоит из электродвигателя, закрепленного на шарнирно-подвижной плите, клиноременной передачи и редуктора. В передней части рамы на плите электродвигателя имеется электромагнитный тормоз, который предупреждает движение расстойного конвейера по инерции после выключения электродвигателя.

Остановка конвейера осуществляется механизмом останова, который одновременно служит и для регулирования длительности расстойки путем пропуска части люлек без загрузки и разгрузки.

Для предотвращения сдваивания рядов тестовых заготовок на поду печи при разгрузке люлек шкаф снабжен блокирующим устройством, которое контролирует наличие тестовых заготовок в люльках.

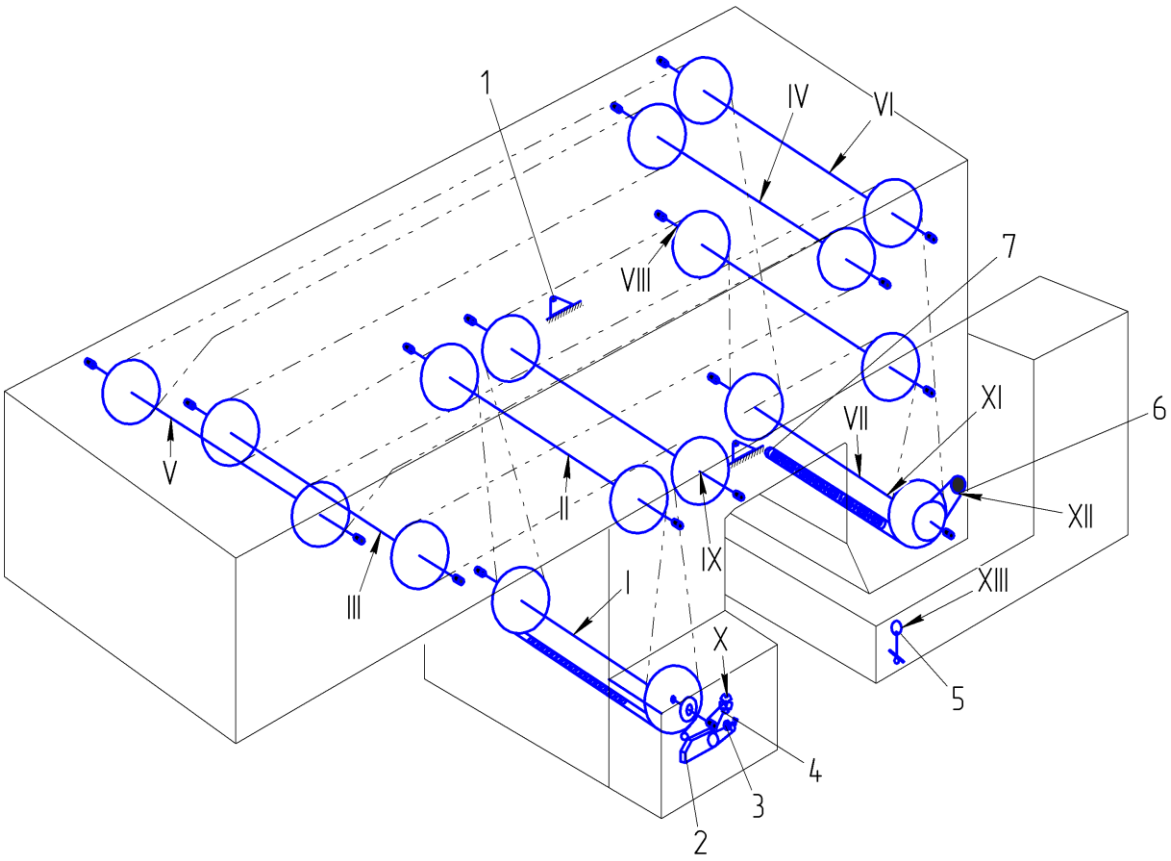


Рис. 6. Принципиальная кинематическая схема шкафа окончательной расстойки Т1-ХР2-3-120:
1 – механизм возврата кассет; *2* – механизм опрокидывания кассет;
3 – блокирующее устройство; *4* – механизм включения; *5* – механизм останова;
6 – электродвигатель; *7* – редуктор; I–XIII – валы

Для создания стабильного климатического режима предусмотрена система кондиционирования воздуха, которая находится в лобовой секции камеры. В ней происходят выравнивание температуры внутри тестовых заготовок и их расстойка в наиболее благоприятных условиях.

Регулирование температуры и влажности в шкафу осуществляется автоматически.

Для уменьшения прилипания тестовых заготовок к кассетам люлек и улучшения их санитарного состояния в шкафу предусмотрена камера сушки, в которой установлены инфракрасные нагреватели.

Длительность расстойки тестовых заготовок регулируется изменением количества загружаемых люлек. Включение и выключение шкафа осуществляется автоматически.

Тестовые заготовки из тестоокруглительной машины поступают на непрерывно движущуюся ленту конвейера, опыляются мукой с помощью мукопосыпателя и подаются на манипулятор-укладчик.

Манипулятор-укладчик группирует тестовые заготовки по восемь штук и кантователями укладывает их в люльку неподвижного конвейера расстойки. Затем с помощью рычажного устройства и бесконтактного датчика дается импульс на включение привода манипулятора-укладчика. Механизм включения от печи включает привод конвейера расстойки, который перемещает конвейер на один шаг и подает очередную люльку на позицию загрузки.

Техническая характеристика модификаций расстойного шкафа Т1-ХР2-3 приведена в табл. 3.

Таблица 3

Техническая характеристика

Показатель	Т1-ХР2-3-60	Т1-ХР2-3-120
Производительность (техническая) при выпечке круглого подового хлеба массой 1 кг при полной загрузке и длительности расстойки 45 мин, кг/ч	575	1230
Длительность расстойки, мин	35–55	35–55
Число рабочих люлек	60	128
Расстояние между осями карманов, мм	255	255
Число карманов в люльке	8	8
Температура паровоздушной среды в камере, °С	32–45	32–45
Относительная влажность среды внутри камеры, %	70–90	70–90
Установленная мощность, кВт:		
электродвигателей	3,55	3,55
электронагревателей	14	14
Расход пара, кг/ч	12	15
Габаритные размеры, мм:		
длина (без конвейера подачи)	5370	10550
ширина	3400	3400
высота	4990	4990
Масса, кг	9100	12060

Специализированные расстойные шкафы Т1-ХР2-Г предназначены для укладки тестовых заготовок круглого подового хлеба массой 0,7–1,0 кг из пшеничной муки в люльки, окончательной расстойки и пересадки их на под тоннельной печи шириной 1,9–2,1 м.

6. Основы расчета конвейерных шкафов для окончательной расстойки тестовых заготовок

Общее число люлек в конвейерном расстойном шкафу определяется по формуле

$$k_{\text{общ}} = k_{\text{р}} + k_{\text{х}}, \tag{1}$$

где $k_{\text{р}}$ и $k_{\text{х}}$ – количество рабочих и холостых люлек.

Число рабочих люлек определяется исходя из производительности поточной линии

$$k_{\text{р}} = \frac{Qt}{60qnm}, \tag{2}$$

где Q – производительность поточной линии, кг/ч; q – масса одной тестовой заготовки, кг; t – продолжительность расстойки, мин; n – число тестовых заготовок на одной полке; m – количество полок одной люльки.

Число холостых люлек устанавливается в зависимости от формы шкафа для расстойки, точек разгрузки и шага люлек:

$$k_{\text{х}} = \frac{L_{\text{х}}}{a}, \tag{3}$$

где $L_{\text{х}}$ – длина холостого участка цепи, м; a – шаг подвески люлек, м.

Число тестовых заготовок на одной полке определяется по формуле

$$n = \frac{L - c}{l + c}\ \frac{B - c}{b + c}, \tag{4}$$

где L – длина полки, м; B – ширина полки, м; l – длина тестовой заготовки, м; b – ширина тестовой заготовки, м; c – зазор между заготовками, м.

Общая длина цепи конвейера, м

$$L_{\text{общ}} = k_{\text{общ}}\, a. \tag{5}$$

Шаг подвески люлек берется кратным шагу цепи, м:

$$a \geq 2\sqrt{\frac{B^2}{4} + h^2 + e}, \tag{6}$$

где B – ширина люльки, м; h – высота подвески люльки, м (для обеспечения устойчивости однополочных люлек h = 0,6÷0,8 B); e – зазор между люльками, м (с учетом возможного раскачивания люлек величина принимается равной 0,05–0,06 м).

Диаметр начальной окружности цепных звездочек D определяется из условия свободного происхождения люлек при огибании цепями звездочек, м:

$$D \geq d + 2a. \tag{7}$$

где d – диаметр вала цепных звездочек, м.

Скорость цепей конвейера расстойного шкафа при непрерывном движении конвейера, м/с

$$V^{/} = \frac{L_{\text{общ}}}{60t}. \tag{8}$$

Скорость цепей конвейера расстойного шкафа при равномерно-прерывистом движении с остановкой каждой люльки при загрузке и разгрузке, м/с

$$V^{//} = \frac{L_{\text{общ}}}{60t_{\text{дв}}}, \tag{9}$$

где $t_{\text{дв}}$ – продолжительность движения люлек при полном обороте конвейера, мин,

$$t_{\text{дв}} = t - t_{\text{ст}}\, k_{\text{общ}}, \tag{10}$$

здесь $t_{\text{ст}}$ – продолжительность выстоя люльки при ее загрузке и разгрузке, мин; $t_{\text{ст}}$ = 0,8÷1,8 мин.

Мощность электродвигателя привода люлечного конвейера расстойки, кВт

$$N = k_3 \frac{PV^{//}}{1000\eta}, \qquad (11)$$

где k_3 – коэффициент запаса (k_3 = 1,25÷1,3); P – тяговое усилие на приводных звездочках, Н; η – КПД привода люлечного конвейера.

Максимальная продолжительность расстойки тестовых заготовок при выработке определенного вида хлебобулочных изделий, мин

$$t = \frac{T k_{\text{р}}}{p}, \qquad (12)$$

где T – продолжительность выпечки изделий, мин; p – число люлек в печи.

7. Порядок оформления и содержание отчета о работе

Отчет должен содержать (согласно заданию преподавателя):

– описание конструкции и принципа действия одного из расстойных шкафов;

– кинематическую схему расстойного шкафа;

– расчет расстойного шкафа.

Отчет выполняется на специальных бланках кафедры. Эскизы, схемы и тому подобное выполняются карандашом (либо на компьютере) с соблюдением требований ЕСКД; текст пишется ручкой либо печатается на компьютере.

По окончании занятия студент сдает преподавателю зачет по работе.

Список литературы

1. В новый век с новым оборудованием. – Воронеж: Восход, 2001. – 40 с.

2. **Головань Ю.П., Ильинский Н.А., Ильинская Т.Н.** Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий. – М.: Агропромиздат, 1988.– 382 с.

3. **Гришин А.С., Покатило Б.Г., Молодых Н.Н.** Дипломное проектирование предприятий хлебопекарной промышленности. – М.: Агропромиздат, 1986. – 246 с.

4. **Лисовенко А.Т.** Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. – 208 с.

5. Машины и аппараты пищевых производств / С.Т. Антинов и др. – М.: Высш. шк., 2001. – 1384 с.

6. Технологическое оборудование хлебопекарных и макаронных предприятий / Б.М. Азаров, А.Т. Лисовенко, С.А. Мачихин и др. – М.: Агропромиздат, 1986. – 263 с.

7. **Хромеенков В.М.** Оборудование хлебопекарного производства. – М.: Высш. шк., 2000. – 315 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ И КОНДИТЕРСКИЕ ПЕЧИ

1. Цель работы

Целью лабораторной работы является знакомство с процессом выпечки тестовых заготовок хлебобулочных, мучных кондитерских, сдобных, бараночных и специальных сортов хлебных изделий, с классификацией хлебопекарных и кондитерских печей, а также изучение конструкций печей и расстойно-печных агрегатов, применяемых в настоящее время в промышленности; приобретение навыков по технологическому расчету хлебопекарных и кондитерских печей и составлению их принципиальных кинематических схем.

2. Порядок выполнения работы

Студент, приступая к выполнению лабораторной работы, должен изучить методические указания и рекомендуемую литературу. Затем он может приступить к практическому изучению печи (по указанию преподавателя).

В заключение студент составляет и оформляет отчет в соответствии с требованиями, изложенными в разд. 7, и сдает его преподавателю.

Из общего количества времени (4 ч), отводимого на выполнение лабораторной работы, следует затратить:

– на изучение методических указаний и рекомендуемой литературы – 1 ч;

– на практическое изучение и измерение отдельных элементов печи, а также на проведение необходимых расчетов – 2 ч;

– на оформление и сдачу отчета – 1 ч.

3. Основные сведения о процессе выпечки хлебобулочных изделий

Выпечка заключается в превращении капиллярно-пористой массы теста в печеное хлебобулочное изделие с соответствующими стандартам влажностью, пористостью, окраской, формой, объемом,

толщиной, поверхностью корки и прочими качественными показателями. При выпечке плотность теста уменьшается на 30–35 %, а температура мякиша может достигать 100 °С.

Вследствие температурного градиента снаружи и внутри теста в начале выпечки влага мигрирует по направлению теплового потока, т. е. внутрь теста, и тем интенсивнее, чем больше температурный градиент. Наружная поверхность, теряя влагу, превращается в корку, причем плотность теста почти не меняется из-за незначительного испарения влаги в окружающую среду. При дальнейшем прогреве температурный градиент, а следовательно, и интенсивность движения влаги внутрь уменьшаются, а навстречу тепловому потоку движется влага из влажного мякиша к менее влажной периферии. В слое теста под коркой влага перегревается и начинает испаряться из этой зоны через корку в пекарную камеру, вызывая уменьшение массы, т. е. упек теста.

Высокая температура пекарной камеры, необходимая для быстрого прогрева теста и закрепления мякиша в первой половине процесса выпечки, затем должна быть снижена, чтобы избежать образования излишне толстой корки, большого упека и разрывов боковой корки газами брожения и водяными парами. Следовательно, для правильного ведения выпечки температура пекарной камеры и приток тепла к тесту должны быть не постоянны, а различны на разных стадиях выпечки, т. е. в пекарной камере должен быть создан определенный зональный тепловой режим, обеспечивающий быструю пропекаемость хлеба, образование тонкой блестящей корки, наибольший объем и наименьший упек.

Для большинства хлебобулочных изделий оптимальным режимом выпечки является понижающий температурный режим. Лишь мелкие изделия (печенье, пряники, бараночные изделия) могут выпекаться при неизменной температуре.

Для ржаного хлеба в начале выпечки температура в пекарной камере должна быть высокой – до 300 °С, а относительная влажность – низкой (до 40 %). По мере выпечки температура понижается и к концу выпечки составляет 150–180 °С, а влажность несколько увеличивается.

При выпечке изделий из пшеничной муки, например батонообразных изделий, тестовые заготовки при поступлении в пекарную камеру должны быть увлажнены в течение 2–3 мин путем конденса-

ции на их поверхности пара низкого давления или «опыления» водой. При этом крахмал поверхностного слоя теста клейстеризуется и превращается в процессе выпечки в глянцевую эластичную тонкую корочку, допускающую увеличение объема теста при выпечке без трещин. В дальнейшем увлажненные тестовые заготовки выпекаются в том же понижающем температурном режиме, что и ржаные сорта (250–150 °С). Температура же в зоне увлажнения не должна превышать 100–120 °С.

Выпечка сдобных изделий обычно происходит без увлажнения пекарной камеры, но, как показывает опыт, подача пара на 4–5-й минуте выпечки улучшает их внешний вид и ускоряет выпечку.

4. Основные сведения о хлебопекарных и кондитерских печах. Классификация печей

Хлебопекарные и кондитерские печи являются основным технологическим модулем, который обусловливает тип и производственную мощность предприятий, вырабатываемый ассортимент и качество готовой продукции.

Промышленные печи, применяемые для выпечки хлебобулочных, мучных кондитерских и специальных изделий, различаются по конструкции, способу обогрева пекарной камеры, производительности, ассортименту выпекаемых изделий и т. д. От правильной эксплуатации печей зависят вкус и аромат готовых изделий и величина потерь от упека.

К основным элементам современной печи относятся: пекарная камера и под печи, генератор тепла (топка), теплопередающие системы и устройства, ограждения (обмуровка) пекарной и топочной камер, вспомогательные устройства и контрольно-измерительные приборы.

Современные хлебопекарные и кондитерские печи классифицируются по следующим основным признакам:

– по технологическому назначению – универсальные, позволяющие выпекать хлебобулочные изделия всех сортов и видов, и специальные – для выпечки бараночных, мучных кондитерских и специальных (сухарей, соломки и т. д.) изделий;

– по производительности, которая определяется рабочей площадью пода, – малые (менее 16 $м^2$), средние (16–60 $м^2$), большие (свыше 60 $м^2$);

– по способу подвода теплоты – с индивидуальным обогревом, когда каждая печь имеет свой генератор тепла, и с центральным обогревом, когда от одного генератора тепла обогревается группа печей;

– по конфигурации пекарной камеры – тупиковые, в которых посадка тестовых заготовок на под печи и выгрузка готовой продукции производятся с одной стороны (через одно окно (устье)), и сквозные, в которых посадка тестовых заготовок производится с одной стороны, а выгрузка готовой продукции – с противоположной.

Тупиковые печи бывают одно- и многоярусные, этажерочные, барабанные и кольцевые. Сквозные печи, в свою очередь, подразделяются на тоннельные (пекарная камера представляет собой один горизонтальный канал) и многоярусные (пекарная камера имеет несколько ходов конвейера).

По способу обогрева пекарной камеры различаются:

– регенеративные, или жаровые, печи, в которых топливо сжигается непосредственно в пекарной камере. Последняя при нагреве аккумулирует теплоту, затем отдает ее изделиям;

– печи с канальным обогревом. Теплота в пекарную камеру от греющих газов передается через рабочие стенки каналов различных конструкций. Каналы могут быть металлическими (квадратными или круглыми) или кирпичными. Канальные печи, в свою очередь, делятся на печи с обычным (прямым) обогревом и с рециркуляционным, или циклотермическим, обогревом;

– печи с конвективным обогревом, изделия в которых выпекаются с помощью нагретого воздуха, циркулирующего по замкнутому контуру в пекарной камере;

– печи с радиационно-конвективным обогревом (с помощью нагревательных каналов и конвективного обогрева изделий горячим воздухом). Эти печи имеют существенное преимущество перед обычными канальными: сокращается продолжительность выпечки, улучшается равномерность окраски поверхности изделий, интенсифицируется теплообмен;

– печи с внутриканальным газовым обогревом, в которых топливо (газ) сжигается непосредственно в пекарной камере;

– печи с пароводяным обогревом при помощи нагревательных трубок (трубки Перкинса);

– печи с комбинированным обогревом (каналы и пароводяные трубки Перкинса);

– печи с паровым обогревом от котлов высокого давления (10–12 МПа). Обычно котел и собственно печь составляют единую замкнутую нагревательную систему, которая заполняется дистиллированной водой, циркулирующей по замкнутому контуру;

– печи с электрообогревом; в качестве источника теплоты используется электроэнергия.

В зависимости от способа превращения электроэнергии в тепло рассматриваемые печи делятся: на печи сопротивления, в которых в качестве нагревателей используются электросопротивления в виде намотки (трубчатые электронагреватели – ТЭН); печи с инфракрасным излучением в виде световых ламповых ИК-излучателей, кварцевых трубчатых ИК-излучателей и др.; печи с комбинированным обогревом при помощи токов высокой частоты (ТВЧ) и инфракрасных излучателей или ТЭН; печи с микроволновым обогревом при помощи специальных генераторов сантиметровых волн – магнетронов.

По конструкции пода различают печи: со стационарным (неподвижным) подом; с выдвижным подом; с конвейерным подом (роторные, цепные, пластинчатые, цепные люлечные, сетчатые, стальные ленточные, сплошные кольцевые, сплошные карусельные и секционные).

По ширине пода – печи с малой шириной пода (менее 1500 мм), со средней шириной (1500–2100 мм), с большой шириной (более 2100 мм).

По виду топлива – печи, работающие на твердом топливе, на жидком топливе, на газообразном топливе, на электрообогреве и комбинированные.

По степени автоматизации различают следующие печи:

– с ручным управлением; регулирование теплового режима топки осуществляется вручную;

– с полуавтоматическим управлением; обогрев отдельных зон регулируется вручную, а тепловой режим печи стабилизируется на установленном уровне автоматически с помощью приборов.

В целях полной механизации и автоматизации выработки формового хлеба (ржаного и пшеничного) в промышленности нашли широкое применение расстойно-печные агрегаты, созданные на базе тупиковых люлечных печей, таких как ФТЛ-2, Г4-ХПЛ, ХПА-40, ХПП-25 и др. Они представляют собой шкафы окончательной расстойки, объединенные с печами общим конвейером, снабжены механизмами деления и укладки тестовых заготовок в формы и выгрузки готового хлеба из форм. В этих агрегатах полностью механизированы процессы разделки, укладки тестовых заготовок, расстойки, выпечки и выгрузки готовой продукции. По степени автоматизации расстойно-печные агрегаты можно отнести к устройствам с полностью автоматическим управлением.

5. Некоторые конструкции современных хлебопекарных и кондитерских печей

В настоящее время отечественной промышленностью (главным образом Шебекинским машиностроительным заводом Белгородской области) серийно выпускаются тупиковые печи семейств Г4-ХПЛ и Ш2-ХПА, тоннельные печи семейств Г4-ПХС, Г4-ХПС, Р3-ХПУ, А2-ХПЯ, ПиК и ряд других, а также расстойно-печные агрегаты П6-ХРМ, П6-ХРН, П6-ХРТ на базе печей семейства Г4-ХПЛ. Наряду с перечисленными в настоящее время на отечественных хлебопекарных предприятиях успешно эксплуатируется большое количество печей более ранних лет выпусков: ФТЛ-2, ФТЛ-20, П-119, П-104, ХПП-25, ГГР-1, ХПА-40 и др. (расстойно-печные агрегаты созданы на базе некоторых из этих печей), а также импортные печи БН (Германия), ППЦ (Чехия), «Термоэлектро» (Югославия) и ряд других. Даже поверхностное их рассмотрение в рамках настоящего учебно-методического пособия не представляется возможным. Поэтому будут рассмотрены конструкции наиболее характерных представителей тупиковых печей семейства Г4-ХПЛ, тоннельных печей семейства Г4-ПХС и расстойно-печного агрегата П6-ХРМ, созданного на базе печи Г4-ХПЛ-16.

Печи семейства Г4-ХПЛ

Печи Г4-ХПЛ выпускаются в трех модификациях: Г4-ХПЛ-16, Г4-ХПЛ-25 и Г4-ХПЛ-50. Они относятся к типу печей конвейерных,

люлечно-подиковых с тупиковой пекарной камерой и канальной системой обогрева.

Печи Г4-ХПЛ поставляются в трех исполнениях:

– Г4-ХПЛ-16, Г4-ХПЛ-25 и Г4-ХПЛ-50 – для работы на твердом топливе, с ручной топкой и колосниковой решеткой;

– Г4-ХПЛ-16-01, Г4-ХПЛ-25-01 и Г4-ХПЛ-50-01 – для работы на жидком топливе, с форсуночным агрегатом;

– Г4-ХПЛ-16-02, Г4-ХПЛ-25-02 и Г4-ХПЛ-50-02 – для работы на газообразном топливе, с горелкой для сжигания природного газа.

Печи идентичны по конструкции, поэтому приводится описание печи Г4-ХПЛ-16, как ближайшего аналога наиболее распространенной в отрасли люлечно-подиковой тупиковой печи ФТЛ-2.

Печь Г4-ХПЛ-16 (рис. 1) выполнена из кирпича и стянута каркасом *3* из прокатной профильной стали. Части обмуровки, соприкасающиеся с горячими топочными газами, выложены огнеупорным кирпичом.

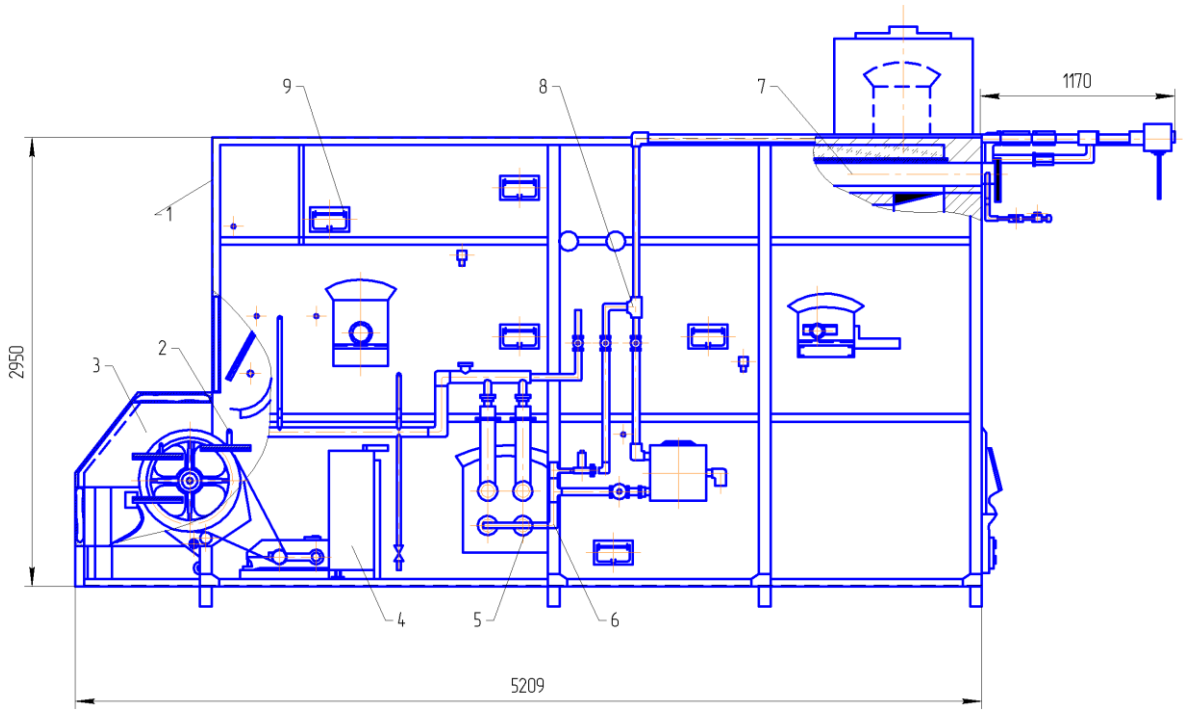


Рис. 1. Печь Г4-ХПЛ-16:
1– посадочная камера; *2* – цепной конвейер; *3* – каркас; *4* – аварийные люки; *5* – газовая разводка; *6* – теплоутилизатор; *7* – парогенераторы; *8* – установка форсунки; *9* – приводная станция

Пекарная камера обогревается горячими топочными газами, проходящими по каналам в кирпичной кладке через радиаторную коробку и над перекрытием из листовой стали.

Топка и центральный нижний канал перекрыты кирпичным сводом, верхняя часть которого является теплоотдающей. Топочные газы движутся по каналам за счет естественной тяги дымовой трубы.

Теплоутилизатор *6* состоит из трех котелков, соединительных труб и спускного трубопровода. В пекарной камере расположен Г-образный двухниточный цепной конвейер *2*. Конвейер имеет передний приводной вал с двумя ведущими звездочками, а также промежуточный и натяжной валы с аналогичными звездочками. Ведущий, промежуточный и натяжной валы соединены между собой тяговыми бесконечными цепями с шагом 140 мм. Катки цепей движутся по специальным направляющим. К цепям через каждые три звена с помощью пальцев шарнирно подвешены 28 люлек рамочной конструкции. Для выпечки подовых изделий люльки снабжены металлическими съемными подиками.

Печной конвейер приводится в движение от приводной станции *9*, состоящей из электродвигателя, червячного редуктора, клиноременной передачи с натяжным роликом и конечного выключателя.

Прерывистое движение конвейера осуществляется путем автоматических включений и выключения электродвигателя с помощью реле времени через магнитный пускатель и конечный выключатель. Команда на останов конвейера подается кулачком, установленным на валу червячного колеса редуктора привода.

Парогенераторы *7* предназначены для выработки пара, необходимого для увлажнения тестовых заготовок в пекарной камере.

Разгрузку формового хлеба и продукции, выпекаемой на листах, производят вручную. Автоматическая разгрузка готовой продукции обеспечивается только для подовых сортов хлеба, для чего печь комплектуется специальной посадочной камерой *1* и механизмом для разгрузки подовых сортов хлеба.

Имеется установка форсунки *8*. На печи смонтированы газовая разводка *5* и аварийные люки *4*.

Дутье и тяга в топке регулируются шиберами, привод которых выведен к топочному фронту.

Техническая характеристика модификаций печи Г4-ХПЛ приведена в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики

Показатели	Г4-ХПЛ-16	Г4-ХПЛ-16-01	Г4-ХПЛ-16-02
Производительность, кг/ч:			
по нарезным батонам высшего сорта массой 0,5 кг	391	391	391
по хлебу формовому ржано-пшеничному массой 0,85 кг	662,3	662,3	662,3
Площадь пода, $м^2$	17,5	17,5	17,5
Ширина пода, мм	2000	2000	2000
Число люлек:			
в пекарной камере	25	25	25
общее	28	28	28
Вид топлива	Твердое	Жидкое	Газообразное
Потребление условного топлива, кг/ч:			
по нарезным батонам высшего сорта	19,4	19,4	19,4
по хлебу формовому ржано-пшеничному	30	30	30
Установленная мощность, кВт	1,3	2,95	0,75
Потребляемая электроэнергия, кВт·ч	0,97	2,62	0,53
Габаритные размеры, мм:			
длина (по корпусу)	5200	5200	5200
ширина	4200	4200	4200
высота	3300	3300	3300
Масса металлоконструкций, кг	9930	9720	9710

Печи Г4-ХПЛ являются универсальными и предназначены для выпечки широкого ассортимента хлебобулочных, мучных кондитерских, бараночных и некоторых специальных сортов хлебобулочных изделий.

Печи семейства Г4-ПХС

Печи Г4-ПХС выпускаются в двух модификациях – Г4-ПХС-25М и Г4-ПХС-40. В модернизированных вариантах эти печи выпускаются под марками Г4-ПХ3С-25 и Г4-ПХ4С-25. Они относятся к типу конвейерных печей с сетчатым подом, тоннельной пекарной камерой и канальной системой обогрева.

Печи Г4-ПХС по конструкции идентичны, поэтому приводится описание печи Г4-ПХС-25М, как наиболее распространенной в промышленности.

Печь хлебопекарная Г4-ПХС-25М – каркасная, тоннельного типа, с сетчатым подом (рис. 2). Состоит из восьми секций *9*, образующих пекарную камеру *11* и топочные секции *3* и *5*. Внутри секций проходят каналы-газоходы *10*, по которым циркулируют продукты сгорания газа или жидкого топлива. Все каналы печи находятся под разрежением, создаваемым двумя центробежными вентиляторами *2* и *4*.

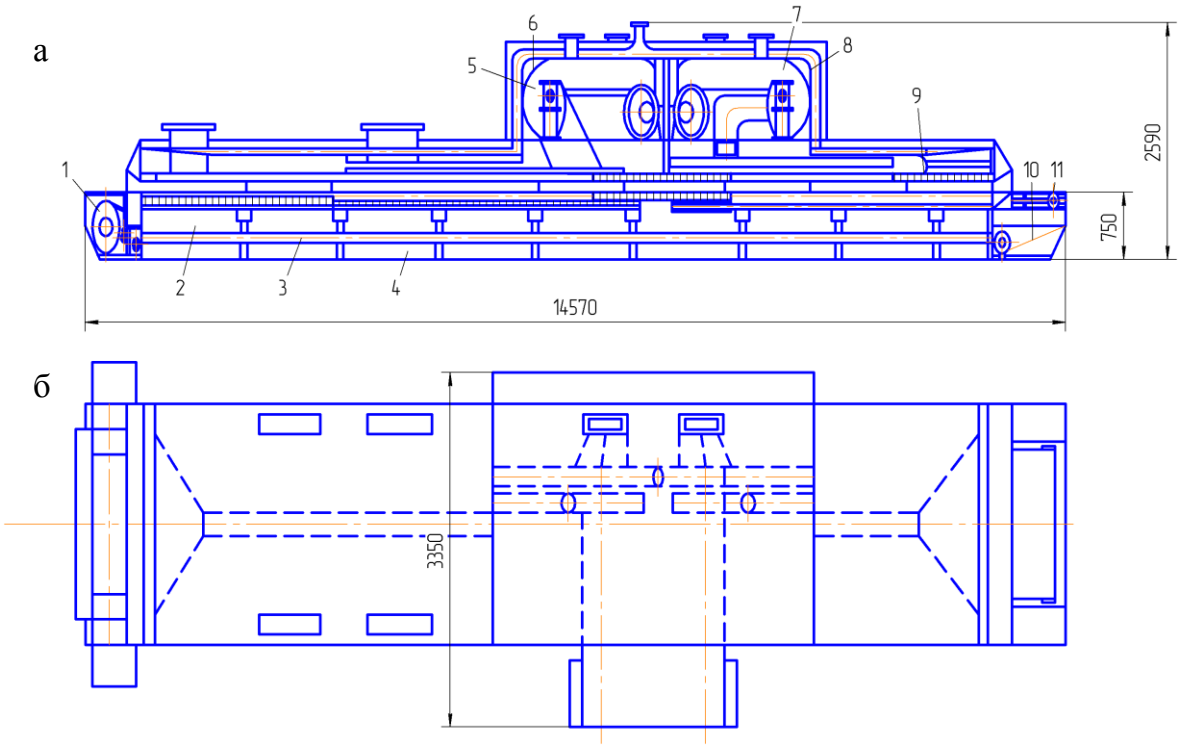


Рис. 2. Печь Г4-ПХС-25М:
а – вид сбоку; б – вид сверху;
1 – приводная станция; *2, 4* – центробежные вентиляторы; *3, 5* – топочные секции; *6* – пароувлажнительное устройство; *7* – сетка; *8* – натяжная станция; *9* – восемь секций; *10* – каналы-газоходы; *11* – пекарная камера

Печь имеет приводную *1* и натяжную *8* станции, на барабанах которых натянута сетка *7*, выполняющая роль пода. Привод сетчатого пода функционирует от электродвигателя через редуктор и вариатор, что позволяет плавно изменять время выпечки в пределах 12–72 мин.

Печь имеет два независимых контура обогрева (I и II зоны). В первом газовом контуре, обогревающем входной участок пекарной камеры, продукты сгорания, выходящие из топки, смешиваются в камере смешения с рециркулирующими газами и охлаждаются до температуры 400–600 °С.

Из камеры смешения через вертикальный газоход газы подводятся в верхние и нижние транспортирующие каналы, из которых затем попадают в каналы обогрева пекарной камеры. Второй газовый контур обслуживает средний и выходной участки пекарной камеры и имеет более протяженный газовый тракт, чем первый контур.

Печь снабжена пароувлажнительным устройством *6*, питающимся от паровой сети. Печи изготовляются с выносом пода 1100 мм (основной вариант), а также 1500 и 2800 мм, которые оговариваются при заказе.

Охлажденные газы отводятся коробом, присоединенным к всасывающему патрубку вентилятора рециркуляции. На выходе из вентилятора газовый поток разделяется: часть газов удаляется в дымовую трубу, а часть по горизонтальному газоходу вновь направляется в камеру смешения. Пекарная камера оборудована смотровыми окнами с подсветом, вытяжными устройствами и заслонками.

Тоннельная конструкция печи дает возможность применять их на механизированных технологических линиях хлебозаводов.

Техническая характеристика печи Г4-ПСХ-25М приведена в табл. 2.

Таблица 2

Техническая характеристика Г4-ПСХ-25М

Показатель	Значение
Производительность, кг/ч:	
по нарезным батонам высшего сорта массой 0,4 кг	610
по хлебу формовому массой 1 кг	600
Площадь пода, $м^2$	25
Ширина пода, мм	2100
Потребление пара, кг/ч	130,5

Окончание табл. 2

Показатель	Значение
Расход условного топлива при выпечке по нарезным батонам высшего сорта, кг/ч	22,2
Удельный расход топлива на 1 кг выпекаемых изделий:	
природного газа, нм^3/кг	0,036–0,04
жидкого топлива, кг/кг	0,03–0,035
Установленная мощность, кВт	122,5
Габаритные размеры, мм:	
длина (по корпусу)	14570
ширина	3350
высота	2590
Масса, кг:	
металлоконструкций	13041
общая	18000

Кинематическая принципиальная схема печи Г4-ПХС-25М изображена на рис. 3.

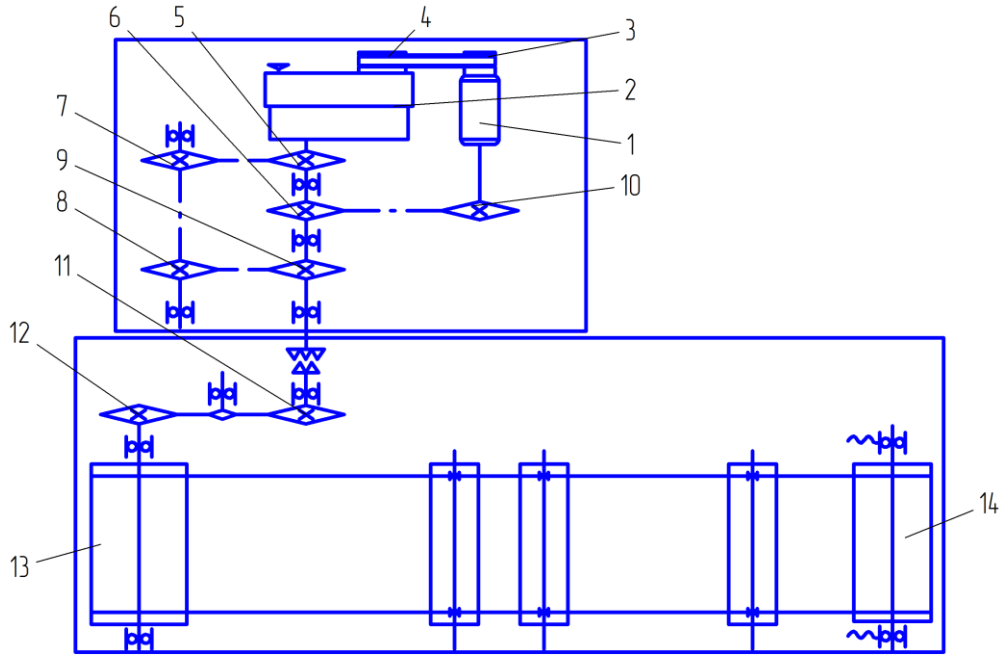


Рис. 3. Кинематическая принципиальная схема печи Г4-ПХС-25М:
1 – приводной барабан; *2–7* – звездочки; *8, 9* – шкивы клиноременной передачи;
10 – блок-вариатор; *11* – электродвигатель привода конвейера печи;
12 – натяжной барабан

Печи Г4-ПХС универсальные, предназначены для выпечки широкого ассортимента хлебобулочных, мучных кондитерских, сдобных бараночных и специальных сортов хлебных изделий.

Расстойно-печной агрегат П6-ХРМ

Расстойно-печной агрегат П6-ХРМ (рис. 4) используется с укладчиком Ш33-ХДЗ-У.

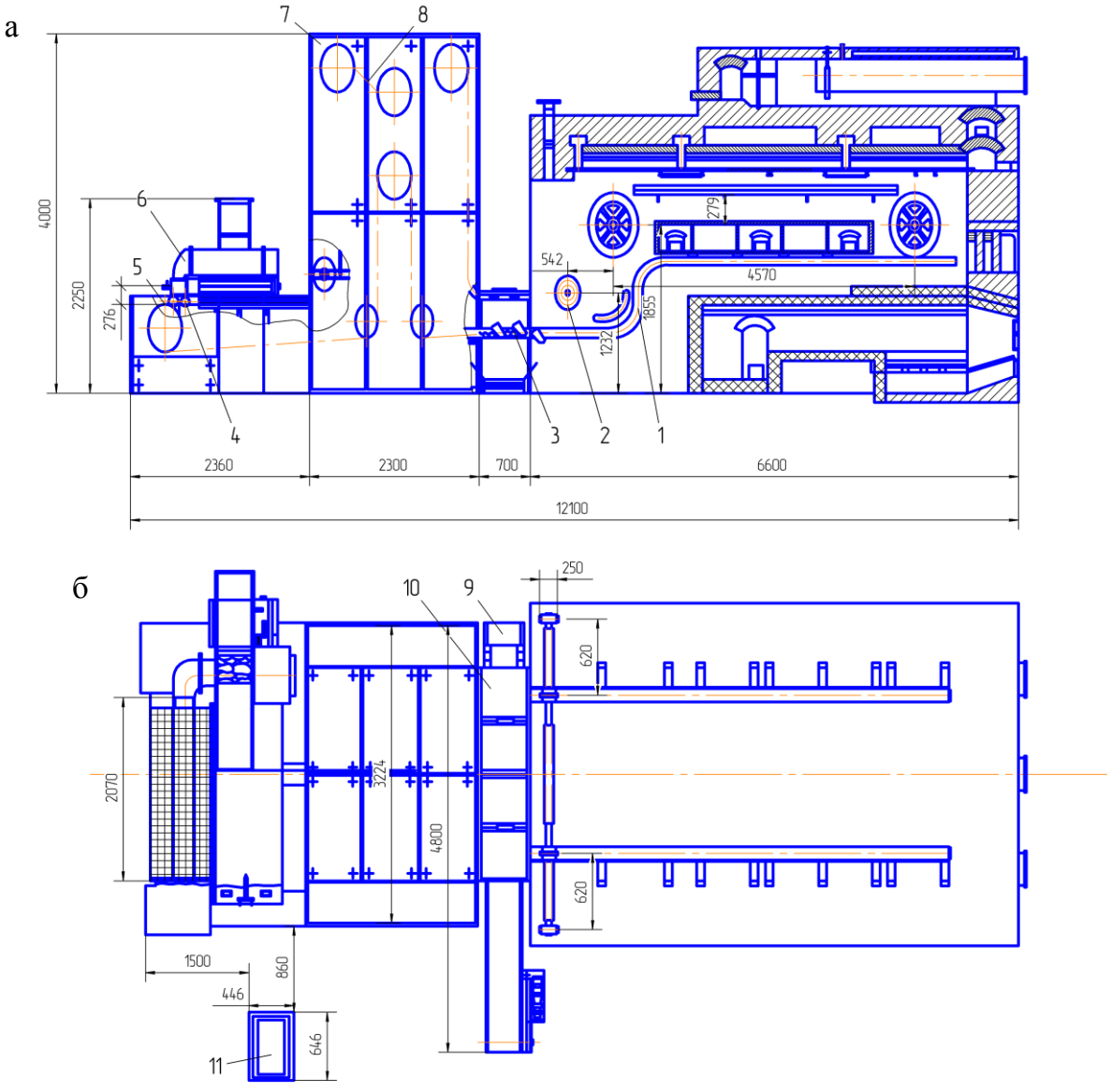


Рис. 4. Расстойно-печной агрегат П6-ХРМ:
а – вид сбоку; б – вид сверху;
1 – направляющая; *2* – поворотные звездочки; *3* – механизм опрокидывания люлек; *4* – люльки; *5* – выносная секция; *6* – укладчик тестовых заготовок; *7* – защитные щиты; *8* – тяговая цепь; *9* – соединительная камера; *10* – транспортер; *11* – щит управления

В состав агрегата входят: расстойный шкаф с комплектом люлек *4* и двумя ветвями тяговой цепи *8*, выносная секция *5* с приводом, делитель-укладчик тестовых заготовок *6*, соединительная камера *9*, транспортер готовой продукции *10*, щит управления *11* с электрооборудованием, механизм включения и выключения, механизм *3* для опрокидывания люлек, прибор для контроля за паровоздушной средой. В качестве хлебопекарной печи используется печь марки Г4-ХПЛ-16 с узлами для ее доработки: щитом управления, направляющей *1*, осью печи с поворотными звездочками *2*, опорными швеллерами.

Расстойный шкаф и печь имеют общий жестко связанный люлечный конвейер. Шкаф состоит из сварного каркаса, выносной секции с приводом, объемных щитов и дверок с изоляцией и уплотняющей окантовкой из резины.

Для деления теста на заготовки и посадки их на люльки расстойного шкафа применяется делитель-укладчик марки ШЗЗ-ХДЗ-У, приспособленный для работы с прерывисто движущимся люлечным конвейером агрегата.

Выгрузка выпеченного хлеба производится с помощью механизма опрокидывания люлек во время движения конвейера, а подача в экспедицию – с помощью транспортера готовой продукции.

Для регулирования соотношения продолжительности расстойки и продолжительности выпечки люлечный конвейер шкафа в расстойной камере имеет регулировочную каретку. Она представляет собой две оси с цепными звездочками на общей жесткой раме. Конвейер состоит из двух параллельных тяговых цепей с шагом 140 мм, охватывающих приводные, поворотные и натяжные звездочки.

Через каждые два звена с помощью пальцев между тяговыми цепями в них на шарнирах подвешивается люлька. Люлька имеет четыре легкосъемные секции, каждая из которых состоит из склепанных между собой четырех хлебопекарных форм.

К внешней стороне подвесок приварены копиры, взаимодействующие с механизмами опрокидывания люлек во время их движения при выгрузке хлеба из форм.

Привод люлечного конвейера действует от электродвигателя через клиноременную передачу, цилиндрический редуктор и шестеренчатую передачу. Движение конвейера равномерно прерывистое.

Принципиальная кинематическая схема расстойно-печного агрегата П6-ХРМ изображена на рис. 5.

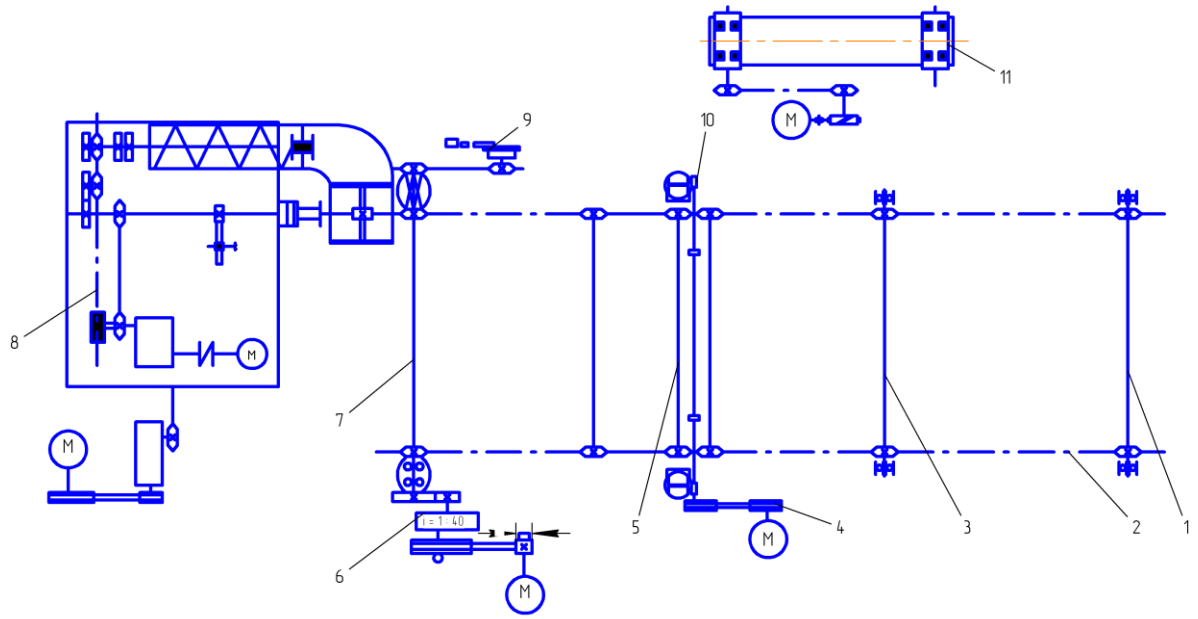


Рис. 5. Принципиальная кинематическая схема агрегата расстойно-печного марки П6-ХРМ:
1 – натяжная ось печи; *2* – конвейерная цепь; *3* – ведомая ось цепи; *4* – клиноременная передача; *5* – ось каретки; *6* – червячная передача; *7* – приводной вал; *8* – укладчик-делитель; *9* – механизм включения и выключения; *10* – электромагнитный тормоз; *11* – транспортер готовой продукции

Для создания необходимого климатического режима в расстойной камере установлен пароувлажнитель. Подача пара в камеру автоматизирована.

Расстойный шкаф связан с хлебопекарной печью соединительной камерой. Вверху соединительной камеры установлены два шибера, через которые в случае необходимости производится выпуск горячего воздуха, выходящего из печи в вентиляционно-вытяжную систему. Влажность внутри расстойного шкафа регулируется автоматически с помощью регулятора влажности.

Приводной вал люлечного конвейера смонтирован на станине выносной секции расстойного шкафа и через шестеренную передачу связан с приводом агрегата.

Техническая характеристика агрегата П6-ХРМ приведена в табл. 3.

Таблица 3

Техническая характеристика агрегата П6-ХРМ

Показатели	Значение
Производительность (техническая) при выработке хлеба формового из пшеничной муки II сорта массой 0,94 кг, кг/ч	747
Масса изделий, кг:	
ржаного хлеба	1
пшеничного хлеба	0,8
Число люлек:	
в пекарной камере	47
общее	89–119
в расстойном шкафу	22–47
холостых	20–34
Габаритные размеры, мм:	
длина (по корпусу)	12100
ширина	4980
высота	4000
Относительная влажность среды шкафа расстойки, %	70–90
Температура среды внутри шкафа расстойки, °С	32–45
Точность деления, %	±1,5
Ход регулировочной каретки, мм	1260
Шаг цепи конвейера агрегата, мм	140
Число тестовых заготовок в люльке, шт.	16
Установленная мощность, кВт	8,9
Масса металлоконструкций, кг	13600

Расстойно-печной агрегат П6-ХРМ предназначен для выработки формовых сортов хлеба из ржаной, ржано-пшеничной и пшеничной муки.

6. Расчет производительности хлебопекарных и кондитерских печей

Производительность печи зависит от количества изделий, находящихся на поду или в люльке, от массы изделия и продолжительности выпечки, установленной технологическими инструкциями.

Количество рядов изделий, размещаемых по ширине пода или люльки, определяется по формуле

$$n_1 = \frac{B - a}{b + a}, \tag{1}$$

где B – ширина пода или люльки, м; b – ширина (диаметр) изделия, м; a – величина зазора между изделиями, м.

Количество рядов изделий по длине пода или люльки определяется по формуле

$$n_2 = \frac{L - a}{l + a}, \tag{2}$$

где L – длина пода или люльки, м; l – длина (диаметр) изделий, м.

Размеры изделий принимаются по данным, приведенным в технологических инструкциях по выработке хлебобулочных изделий.

Общее количество изделий на поду или в люльке

$$N = n_1 n_2 = \frac{L - a}{l + a} \frac{B - a}{b + a}. \tag{3}$$

При определении количества изделий на поду или в люльке должно быть найдено наиболее рациональное их размещение. При выпечке хлебных изделий в формах зазор между ними устанавливается не менее 5 мм, а зазор между подовыми изделиями – не менее 20 мм.

Укладка тестовых заготовок, выпекаемых на листах, производится аналогично размещению изделий на поду. Размеры и количество листов увязываются с размерами пода или люльки печи.

Производительность конвейерной печи с ленточным или стационарным подом (кг/ч) определяется по формуле

$$Q = \frac{60Ng}{t}, \tag{4}$$

где N – количество изделий на поду, шт.; g – масса изделия, кг; t – продолжительность выпечки, мин.

Производительность конвейерной люлечно-подиковой печи (кг/ч) определяется по формуле

$$Q = \frac{60\,Nng}{t}, \qquad (5)$$

где N – количество изделий на подике, шт.; n – число рабочих подиков в печи.

При расчете производительности печи (кг/ч) для выпечки мучных кондитерских и бараночных изделий используется формула

$$Q = q_{\text{уд}}\, f_{\text{п}}, \qquad (6)$$

где $q_{\text{уд}}$ – удельная производительность печного конвейера, кг ($м^2 \cdot ч$); $f_{\text{п}}$ – рабочая площадь пода, $м^2$.

7. Порядок оформления и содержание отчета о работе

Отчет должен содержать (согласно заданию преподавателя):

– описание конструкции и принципа действия одной из печи;

– кинематическую схему печи;

– расчет производительности печи.

Отчет выполняется на специальных бланках кафедры. Эскизы, схемы и тому подобное выполняются карандашом (либо на компьютере) с соблюдением требований ЕСКД; текст пишется ручкой либо печатается на компьютере.

По окончании занятия студент сдает преподавателю зачет по работе.

Список литературы

1. В новый век с новым оборудованием. – Воронеж: Восход, 2001. – 40 с.

2. **Головань Ю.П., Ильинский Н.А., Ильинская Т.Н**. Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий. – М.: Агропромиздат, 1988. – 382 с.

3. **Гришин А.С., Покатило Б.Г., Молодых Н.Н.** Дипломное проектирование предприятий хлебопекарной промышленности. – М.: Агропромиздат, 1986. – 246 с.

4. Машины и аппараты пищевых производств / С.Т. Антинов и др. – М.: Высш. шк., 2001. – 1384 с.

5. Технологическое оборудование хлебопекарных и макаронных предприятий / Б.М. Азаров, А.Т. Лисовенко, С.А. Мачихин и др. – М.: Агропромиздат, 1986. – 263 с.

6. **Хромеенков В.М.** Оборудование хлебопекарного производства. – М.: Высш. шк., 2000. – 315 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ..... 3

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ТЕСТООКРУГЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ..... 32

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
РАССТОЙНЫЕ ШКАФЫ..... 50

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ И КОНДИТЕРСКИЕ ПЕЧИ..... 70

Верболоз Елена Игоревна
Демченко Вера Артемовна
Иванова Марина Александровна
Громцев Александр Сергеевич

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО МАШИНАМ И ОБОРУДОВАНИЮ БИОТЕХНОЛОГИЙ

Часть II

Учебно-методическое пособие

Ответственный редактор
Т.Г. Смирнова

Титульный редактор
Е.О. Трусова

Компьютерная верстка
Н.В. Гуральник

Дизайн обложки
Н.А. Потехина

Печатается
в авторской редакции

Подписано в печать 27.06.2016. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 5,35. Печ. л. 5,75. Уч.-изд. л. 5,5
Тираж 70 экз. Заказ № С 30

Университет ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

Издательско-информационный комплекс
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9