

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ
ПО МАШИНАМ И ОБОРУДОВАНИЮ
БИОТЕХНОЛОГИЙ**

Часть I

Учебно-методическое пособие



Санкт-Петербург

2014

УДК 664.65.05

Лабораторные работы по машинам и оборудованию биотехнологий. Ч. I / Ю.И. Корниенко, Е.И. Верболоз, А.С. Громцев, В.А. Демченко: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 94 с.

Указаны цели и порядок выполнения лабораторных работ. Рассмотрены назначение и структура тестоприготовительных, тестомесильных, тестозакаточных машин; 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 и магистрантов направления 151000 Технологические машины и оборудование всех форм обучения.

Рецензент: доктор техн. наук, проф. В.А. Арет

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом Института холода и биотехнологий



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2014

© Корниенко Ю.И., Верболоз Е.И., Громцев А.С., Демченко В.А., 2014

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ТЕСТОПРИГОТОВИТЕЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ

1. Цель работы

Целью лабораторной работы является знакомство с назначением, структурой и классификацией тестоприготовительных агрегатов, а также с процессами, происходящими в их бродильных аппаратах, изучение конструкций и принципа действия, наиболее распространенных в хлебопекарной промышленности тестоприготовительных агрегатов, приобретение навыков по их технологическому расчету и составлению их принципиальных технологических схем.

2. Порядок выполнения работы

Приступая к лабораторной работе, студент должен изучить настоящее учебно-методическое пособие и рекомендуемую литературу. Затем он может приступить к практическому изучению и проведению необходимых измерений тестоприготовительного агрегата (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 тестоприготовительного агрегата, а также на проведение необходимых расчетов – 2 ч;

на оформление и сдачу отчета – 1 ч.

3. Назначение, структура и классификация тестоприготовительных агрегатов

Тестоприготовительные агрегаты предназначены для приготовления опары (закваски) и теста при двухфазном тестоведении и только теста – при однофазном. Последовательно в них осуществляются следующие технологические операции: дозирование компонентов опары (закваски), ее замес, брожение, дозирование компонентов теста, его замес, брожение и передача теста для дальнейшей обработки.

Указанная последовательность технологических операций приведена для случая двухфазного тестоведения. При однофазном (безопарном) тестоведении технологические операции, связанные с опарой (закваской), отсутствуют.

Тестоприготовительные агрегаты состоят из ряда машин и аппаратов, которые соединяются между собой различными передающими устройствами и коммуникациями, что обеспечивает поточность технологического процесса приготовления теста. Каждый тестоприготовительный агрегат включает: дозирочную аппаратуру; месильное оборудование; бродильные аппараты; различные передающие устройства (насосы, монжусы, транспортеры, трубопроводы, нагнетатели и пр.); металлоконструкцию, на которой монтируются фрагменты агрегата и пульт управления.

Тестоприготовительные агрегаты можно классифицировать по следующим признакам:

- 1) по схеме тестоведения – однофазные и двухфазные;
- 2) по способу управления рабочими процессами – агрегаты с ручным управлением и агрегаты с автоматическим управлением;
- 3) по способу приготовления теста и конструкции бродильных аппаратов (рис. 1).

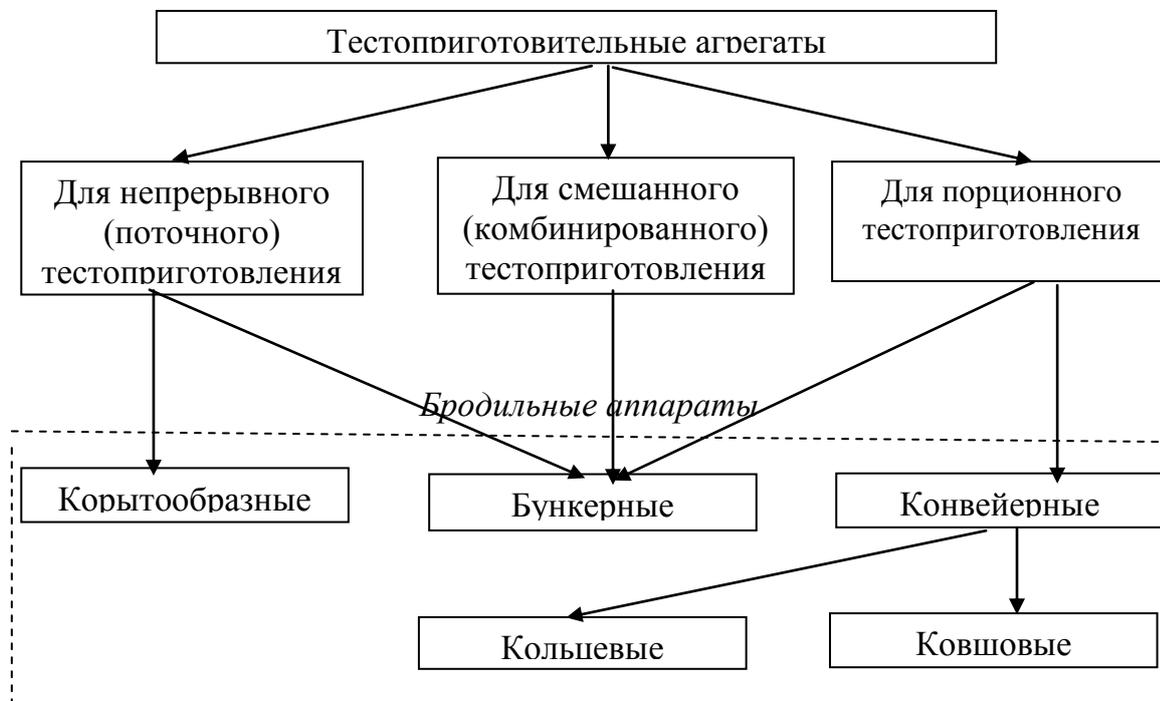


Рис. 1. Классификация тестоприготовительных агрегатов по третьему признаку

В тестоприготовительных агрегатах для непрерывного тестоприготовления все основные технологические операции: дозирование компонентов, замес и брожение опары (закваски) и теста – осуществляются в потоке, т. е. непрерывно. В агрегатах для порционного тестоприготовления все вышеперечисленные технологические операции осуществляются порционно (периодически). В агрегатах смешанного типа дозирование и замес осуществляются непрерывно, а брожение – периодически.

Тестоприготовительные агрегаты применяются на хлебозаводах средней и большой мощности в составе непрерывно-поточных комплексно-механизированных линий при выработке ограниченного ассортимента хлебобулочных изделий. Их достоинствами являются полная механизация процесса приготовления теста и его высокое качество. Недостатки: большие габариты и масса; трудность перехода с сорта на сорт, особенно для непрерывно действующих агрегатов; длительность и трудоемкость санитарной обработки, особенно бродильных аппаратов; большие потери при авариях на линии. Это делает затруднительным использование данных агрегатов на небольших предприятиях, особенно при выработке широкого ассортимента изделий. В этом случае используются тестомесильные машины с подкатными или стационарными дежами.

4. Процессы, происходящие в бродильных аппаратах тестоприготовительных агрегатов

Брожение теста по времени занимает свыше 70 % длительности производственного цикла приготовления хлебобулочных изделий. Оно сопровождается рядом физических, коллоидных, биохимических и других процессов, в результате которых тесто созревает, приобретает определенную структуру, при этом происходит накапливание ароматических и вкусовых веществ, изменение состава и состояния отдельных компонентов.

Тестоведение и, следовательно, брожение может осуществляться в несколько фаз. При однофазном тестоведении замешивают и дают бродить сразу всем компонентам. При двухфазном тестоведении вначале замешивают первую фазу (опару или закваску) – часть компонентов (около 50 % муки, воду и дрожжи), дают им выбродить, а затем на полученной опаре (закваске) замешивают остальную часть

муки, положенные по рецептуре добавки (сахар, соль, жир и т. д.) и сбраживают тесто до готовности. Существуют и многофазные способы тестоведения.

Безопасный (однофазный) способ применяют при приготовлении теста из пшеничной муки высшего и I сортов, изделия из которой характеризуются низкой кислотностью.

Опарный (двухфазный) способ тестоведения характеризуется большей, чем безопасный, общей продолжительностью брожения, поэтому в тесте накапливается больше ароматических и вкусовых веществ, более глубокой обработке подвергаются составные части муки, что приводит к повышению эластичности мякиша и лучшему сохранению его свежести. Большинство тестоприготовительных агрегатов работают по двухфазной схеме тестоведения.

Процессы, протекающие в бродильном аппарате безопасного тестоприготовительного агрегата, показаны на рис. 2. При двухфазном тестоведении процессы повторяются, но с той лишь разницей, что между ними вводится процесс замеса теста с добавлением муки, воды, соли и некоторых других компонентов. Параметры процесса: τ – длительность брожения, t – температура, K – кислотность, ρ – плотность, P – консистенция.

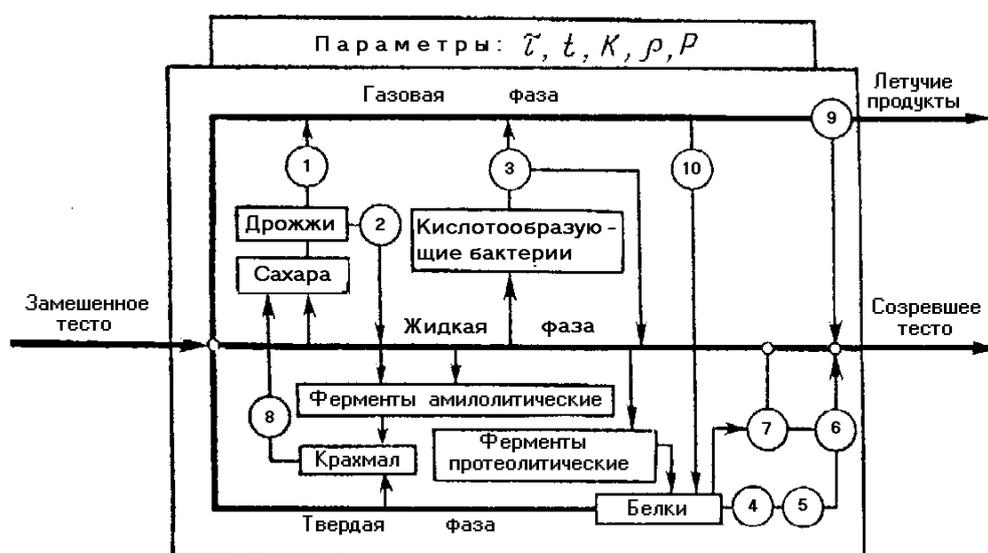


Рис. 2. Модель однофазного процесса брожения пшеничного теста:

- 1 – спиртовое брожение; 2 – размножение дрожжей; 3 – кислотное брожение;
- 4 – дезагрегация; 5 – протеолиз; 6 – пептизация; 7 – гидролитическое расщепление белков; 8 – амилолиз крахмала; 9 – удаление летучих продуктов брожения;
- 10 – окисление

В процессе брожения наиболее значительно изменяется плотность гомогенной трехфазной смеси из-за накопления газов, выделяющихся в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Углекислота, спирт, молочная кислота и другие продукты брожения придают тесту специфический вкус и запах.

Интенсивность брожения зависит от температуры, состава, свойств, концентрации питательной среды и функционального состояния бродильной микрофлоры. Наиболее существенное влияние на интенсивность брожения оказывает температура, что можно определить по количеству выделяющегося диоксида углерода (рис. 3). При повышении температуры до 40 °С брожение вначале идет более интенсивно, но в дальнейшем процессе замедляется, при этом определяющими оказываются скорость размножения дрожжей и кислотность среды. При уменьшении температуры брожения до 25 °С скорость накопления диоксида углерода снижается почти в два раза. Оптимальной температурой следует считать 30 °С.

Рис. 3 и 4 показывают, что температура процесса является наиболее важным параметром, позволяющим управлять процессом брожения. При применении жидких опар в бродильном аппарате тестоприготовительного агрегата температуру можно регулировать в широких пределах, используя простейшие теплообменники – термостатирующие рубашки. При работе с густой опарой осуществить терморегулирование почти невозможно из-за ее низкой теплопроводности, высокой вязкости и липкости. Поэтому применение в тестоприготовительных агрегатах жидких опар или заквасок облегчает управление процессом брожения путем терморегулирования. При снижении температуры до 12–15 °С брожение затормаживается, что позволяет вести процесс с остановками, т. е. обеспечивать работу тестоприготовительного агрегата при одно- или двухсменной работе. При этом следует обязательно учитывать специфику кислотонакопления в опаре (см. рис. 4)

При брожении объем опары увеличивается более чем в два раза (рис. 5). Брожение следует заканчивать в момент достижения максимального объема. Динамика изменения плотности опары показана на рис. 6. Кривые наглядно иллюстрируют основные зависимости и позволяют получить необходимые исходные данные для расчета бродильных емкостей агрегатов.

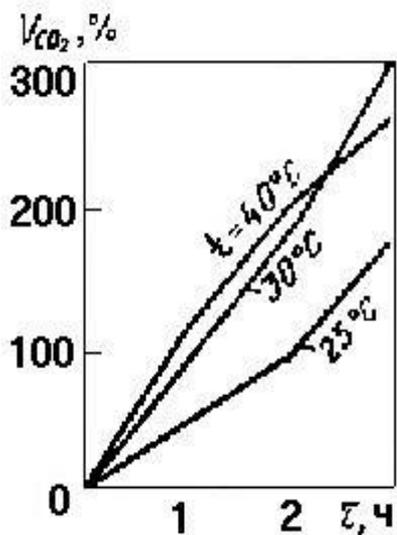


Рис. 3. Зависимости брожения от температуры теста

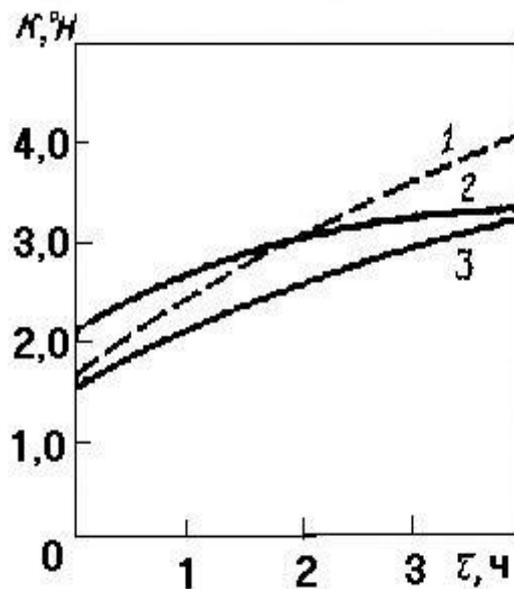


Рис. 4. Изменение кислотности опары из пшеничной муки I сорта при температуре 32 °С в бункерных агрегатах:
1 – Л4-ХАГ-13; 2 – МТИПП РМК;
3 – И8-ХАГ-6

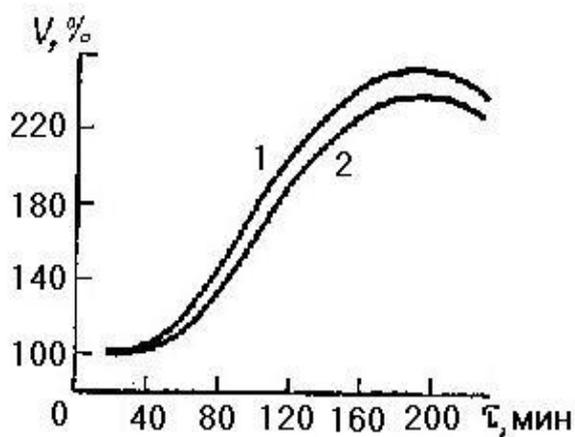


Рис. 5. Изменение объема опары в емкости бункерного агрегата при переработке:
1 – муки высшего сорта;
2 – муки I сорта

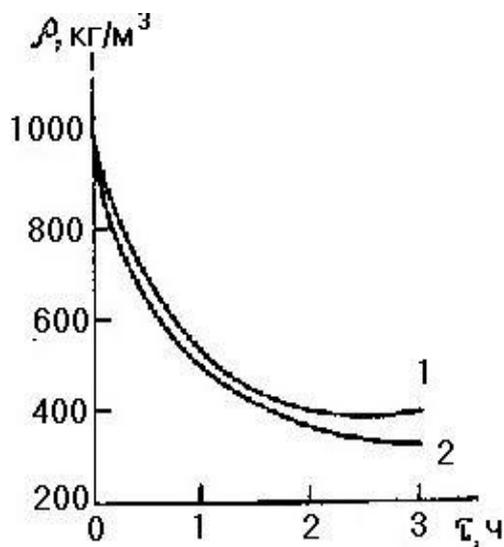


Рис. 6. Изменение плотности опары в процессе брожения:
1 – из пшеничной муки высшего сорта; 2 – из пшеничной муки I сорта

В процессе брожения белковые вещества теста подвергаются действию протеолитических ферментов: протеолизу, гидролитическому расщеплению, окислению и пептизации. Крахмальные зерна под действием амилолитических ферментов частично преобразуются в сахара с накоплением мальтозы, которая расходуется на питание и размножение дрожжей. Указанные изменения состава вызывают и некоторое перераспределение влаги между компонентами. Брожение происходит с повышением температуры теста на 1–2 °С, кислотность среды возрастает для пшеничного теста с 2 до 3 °Н, плотность теста снижается с 1,05 до 0,75 кг/дм³.

Существенные изменения претерпевает и консистенция опары (рис. 7). После выхода опары из тестомесильной машины происходит экспоненциальное снижение напряжения сдвига, а после 3 ч брожения показатели начинают повышаться. Снижение предельного напряжения сдвига в конце процесса происходит при транспортировании опары шнековым или лопастным нагнетателем к тестомесильной машине.

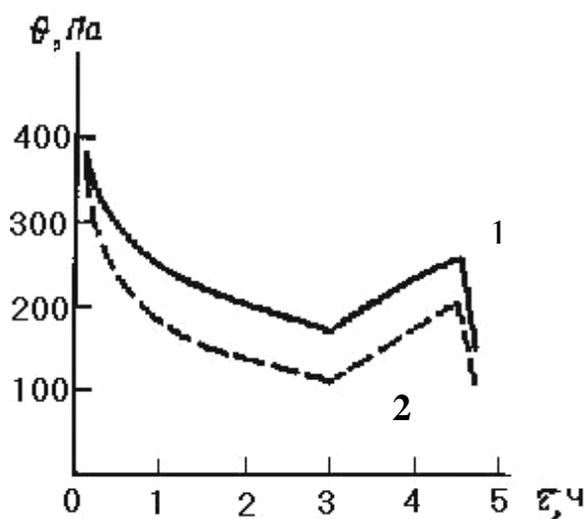


Рис. 7. Изменение предельного напряжения сдвига опары в бункерном тестоприготовительном агрегате из пшеничной муки:

1 – высшего сорта; 2 – I сорта

Несмотря на достаточно глубокое изучение отдельных закономерностей процесса брожения, до настоящего времени не разработана теория процесса брожения и работы тестоприготовительных агрегатов, а также нет приборов, которые позволили бы дать метрологи-

чески верное определение конца брожения теста и предугадать его оптимальное поведение на последующих стадиях технологического процесса – при разделке, формовании, расстойки и выпечке.

Готовое тесто должно иметь необходимые для данного сорта кислотность и физические свойства: упругость, формоудерживающую и газоудерживающую способность, которые обеспечили бы при его расстойке максимальный объем заготовок. К моменту созревания в тесте должно быть накоплено определенное количество продуктов спиртового и кислотного брожения, протеолиза и др.

На практике обычно готовность опары и теста определяют по показателю титруемой кислотности и органолептически.

5. Устройство и принцип действия тестоприготовительных агрегатов

Тестоприготовительные агрегаты для непрерывного (поточного) приготовления теста

К агрегатам данного типа относятся ХТР, ВНИИХПа, ХТУ-Д, РЗ-ХТН и ряд других.

Наиболее распространенными являются агрегаты ХТР системы И.Л. Рабиновича. Эти агрегаты имеют несколько модификаций, однако в промышленности используются в основном две – с корытообразным бродильным аппаратом для безопарного приготовления теста и с корытообразным бродильным аппаратом, разделенным на два отсека, для приготовления теста опарным (двухфазным) способом.

Первая модификация агрегата ХТР предназначена для приготовления теста безопарным (однофазным) способом из пшеничной и ржаной муки на жидких или прессованных дрожжах и имеет производительность до 20 т теста в сутки. В состав агрегата входят: корытообразный бродильный аппарат и одна тестомесильная машина непрерывного действия типа Х-12Д с дозировочной аппаратурой. В тестомесильную машину непрерывно дозируются мука, дрожжи, вода и прочие жидкие компоненты. Замешенное тесто поступает в корытообразный, наклонный под углом 35° бродильный аппарат. Брожение теста осуществляется при медленном его перемещении вдоль аппарата до выпускающего отверстия посредством механического побудителя – прерывисто вращающегося шнека.

Вторая модификация агрегата ХТР – для двухфазного приготовления теста (рис. 8) состоит из двухсекционного бродильного аппарата 18, двух месильных машин непрерывного действия типа Х-12Д 7 и 13 с автоматическими дозировочными станциями 8 и 14 и шнекового дозатора опары 23. Бродильный аппарат 18 представляет собой корытообразную емкость, разделенную перегородкой 22 на две секции I и II и установленную наклонно под углом 3° к горизонту. Вдоль емкости расположен на трех опорах вал 19, на котором укреплены два шнековых витка 5 и 21. Вал периодически вращается от электродвигателя 1 ($N = 2,38$ кВт; $n = 1440$ об/мин) через цилиндрический редуктор 2, зубчатую цилиндрическую передачу, кривошип 3 и храповой механизм 4.

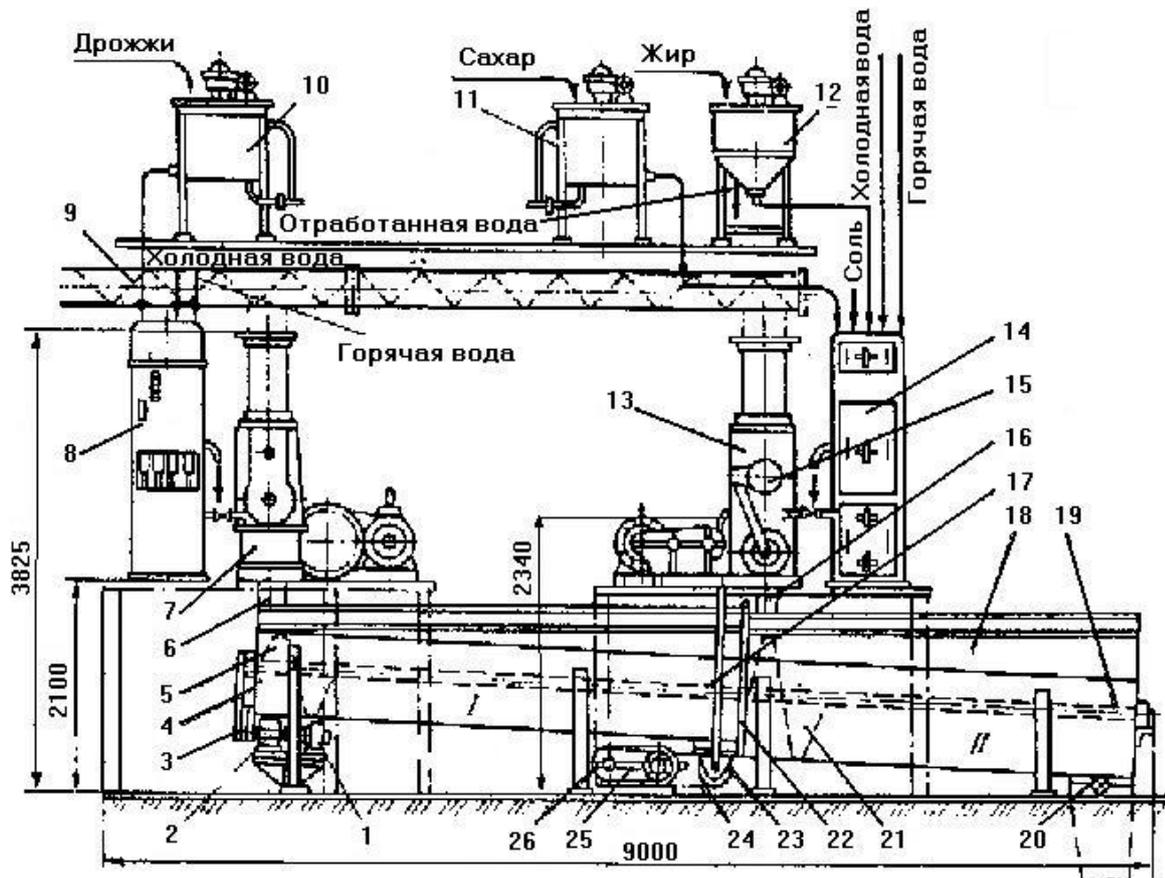


Рис. 8. Тестоприготовительный агрегат ХТР:

- 1 – электродвигатель; 2 – цилиндрический редуктор; 3 – кривошип;
 4 – храповой механизм; 5, 21 – шнековые витки; 6 – спуск для опары;
 7 – месильная машина; 8, 14 – дозировочные станции; 9 – шнек; 10, 11, 12 –
 подготовительные аппараты марок Х-14 и Х-15Д; 13 – тестомесильная машина;
 15 – дозатор муки; 16 – тестоспуск; 17 – трубопровод; 18 – двухсекционный
 бродильный аппарат; 19 – центральный вал; 20 – шибер; 22 – перегородка;
 23 – шнековый дозатор опары; 24 – цепная передача; 25 – вариатор скорости;
 26 – электродвигатель

Дрожжи, раствор сахара и жир готовятся в аппаратах *10, 11, 12* марок X-14 и X-15Д и попадают в автоматические дозировочные станции *8* и *14*. Мука для замеса опары и теста подается к дозаторам шнеком *9*. В месильной машине *7*, установленной над секцией I, непрерывно замешивается опара, которая через спуск *6* поступает в секцию I бродительного аппарата, где она бродит, медленно перемещаясь вдоль емкости под напором шнекового витка *5* и сил гравитации, возникающих в результате наклона емкости. Выброшенная опара в конце секции выгружается через отверстие в днище емкости и далее шнековым дозатором *23* по трубопроводу *17* подается в тестомесильную машину *13*, куда поступают мука из дозатора *15* и все жидкие компоненты из дозировочной станции *14*. Шнековый дозатор-нагнетатель приводится в движение от электродвигателя *26* ($N = 1,5$ кВт; $n = 1400$ об/мин) через вариатор скорости *25* и цепную передачу *24*. Количество подаваемой опары регулируется изменением частоты вращения шнека дозатора с помощью вариатора скорости *25*.

В тестомесильной машине *13*, установленной под секцией II, непрерывно замешивается тесто, которое через тестоспуск *16* поступает во второй отсек емкости, где оно бродит, медленно перемещаясь вдоль корыта под напором шнекового витка *21*. Выброшенное тесто через отверстие в днище емкости, регулируемое шибером *20*, поступает в бункер тестоделительной машины. Время брожения опары и теста регулируется изменением угла поворота вала *19* с помощью храпового механизма *4*. Угол поворота храпового колеса, укрепленного на валу *19*, меняется с изменением величины эксцентриситета кривошипа *3*. При увеличении эксцентриситета увеличивается угол поворота храпового колеса и, соответственно, угол поворота вала *19* со шнековыми витками *5* и *21*, в результате время брожения сокращается; наоборот, при уменьшении эксцентриситета кривошипа время брожения увеличивается.

Основным достоинством агрегата по сравнению с другими является универсальность в самом широком смысле этого слова (замешивает пшеничное и ржаное тесто, на густых и жидких опарах или заквасках, однофазным и двухфазным способами). Недостатки агрегата ХТР, общие для всех тестоприготовительных агрегатов, перечислены в разд. 3.

Техническая характеристика тестоприготовительного агрегата непрерывного действия ХТР приведена в табл. 1 в конце раздела.

Тестоприготовительные агрегаты для смешанного (комбинированного) приготовления теста

К агрегатам данного типа относятся И8-ХАГ-6, И8-ХАГ-12, Л4-ХАГ-4, Л4-ХАГ-6, Л4-ХАГ-13, И8-ХТА-6, И8-ХТА-12, МТИП-РМК (РМК-7) и ряд других. Все они предназначены для приготовления теста двухфазным способом на больших густых опарах (заквасках) и имеют много общего в конструкции и принципе действия. Однако имеются и различия как по размерам и производительности, так и по конструктивным нюансам. Рассмотрим наиболее характерные тесто-приготовительные агрегаты этого типа.

Тестоприготовительный агрегат И8-ХАГ-6

Общий вид и план агрегата показаны на рис. 9. Он укомплектован тестомесильными машинами 13 и 14 непрерывного действия для замеса соответственно опары и теста. Применяют машины Х-26А конструкции ВНИИХПа.

Замешенная опара подается в шестисекционный бункерный бродильный аппарат 6 по трубе 11 с помощью шнекового питателя. Выброшенная опара через отборное окно 9 поступает в дозатор опары 8 и затем по трубе в тестомесильную машину 14, в которую также дозируются мука и жидкие компоненты с помощью четырехкомпонентной дозировочной станции 3 марки ВНИИХП-0-6.

Аналогичная, но двухкомпонентная станция ВНИИХТ-0-5 применена для дозирования жидких компонентов в опару. Замешенное тесто шнеконасосом 16 по транспортной трубе 17 поступает в бункер 2 тестоделительной машины. Бункер для брожения 6 установлен на неподвижных опорах, совместно с которыми смонтировано неподвижное днище 7 с отверстиями для загрузки и выгрузки опары.

С помощью пазового уплотнения днище соединено с вращающимся бункером, привод бункера осуществляется от электродвигателя 10. Для удобства обслуживания бункера служат лестница 12 и площадка 5. Управление машинами агрегата осуществляется с помощью электропульта 15.

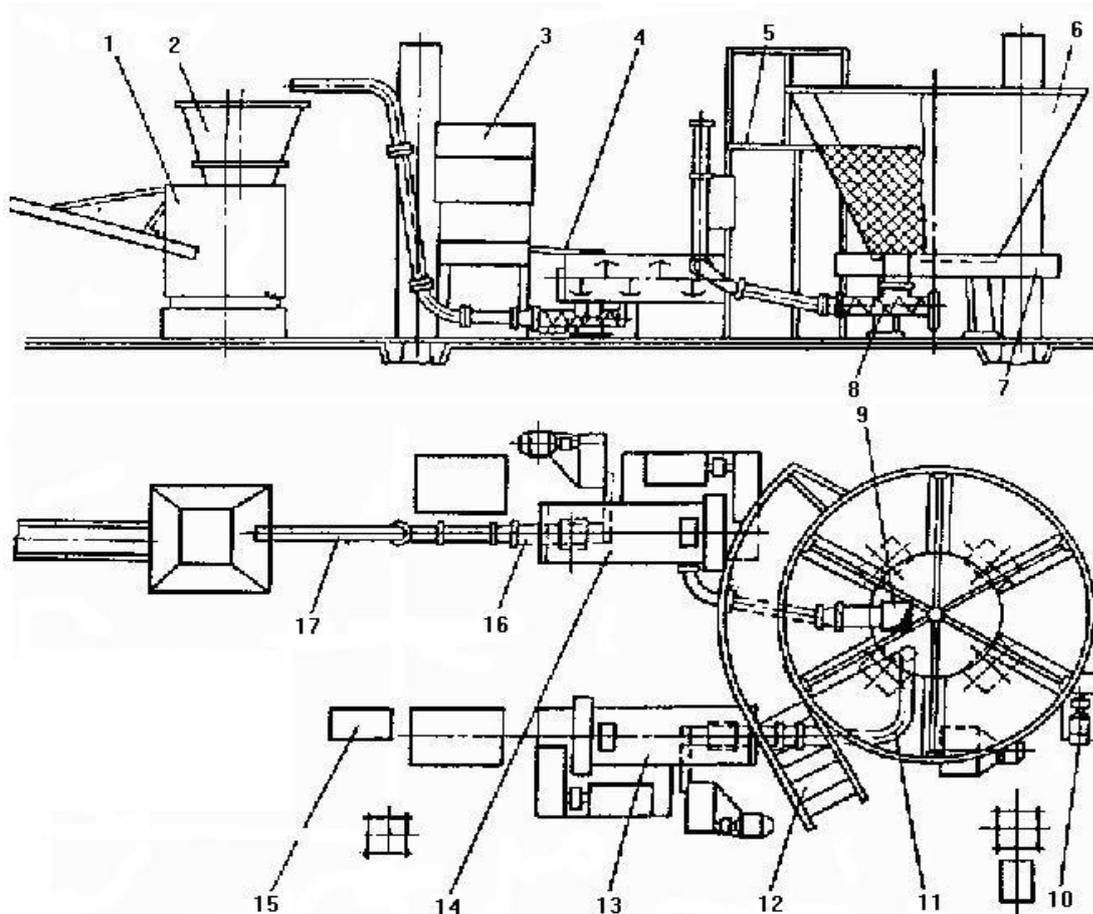


Рис. 9. Тестоприготовительный агрегат И8-ХАГ-6:

1 – тестоделитель; 2 – бункер тестоделительной машины; 3 – дозировочная станция ВНИИХП-0-6; 4 – трубопровод; 5 – площадка; 6 – бродильный аппарат; 7 – неподвижное днище; 8 – дозатор опары; 9 – отборное окно; 10 – электродвигатель; 11, 17 – транспортные трубы; 12 – лестница; 13, 14 – тестомесильные машины; 15 – электропульт; 16 – шнеконасос

В качестве бродильного аппарата в агрегате используется конический бункер, разделенный радиальными перегородками на шесть секций. При работе агрегата опара сначала заполняет первую секцию бункера, после чего он поворачивается на 60° и под загрузку устанавливается следующая секция. Когда все секции окажутся загруженными опарой, параллельно с загрузкой производят из последней секции отбор спелой опары с помощью шнекового питателя через окно 9.

Тестоприготовительный агрегат Л4-ХАГ-13

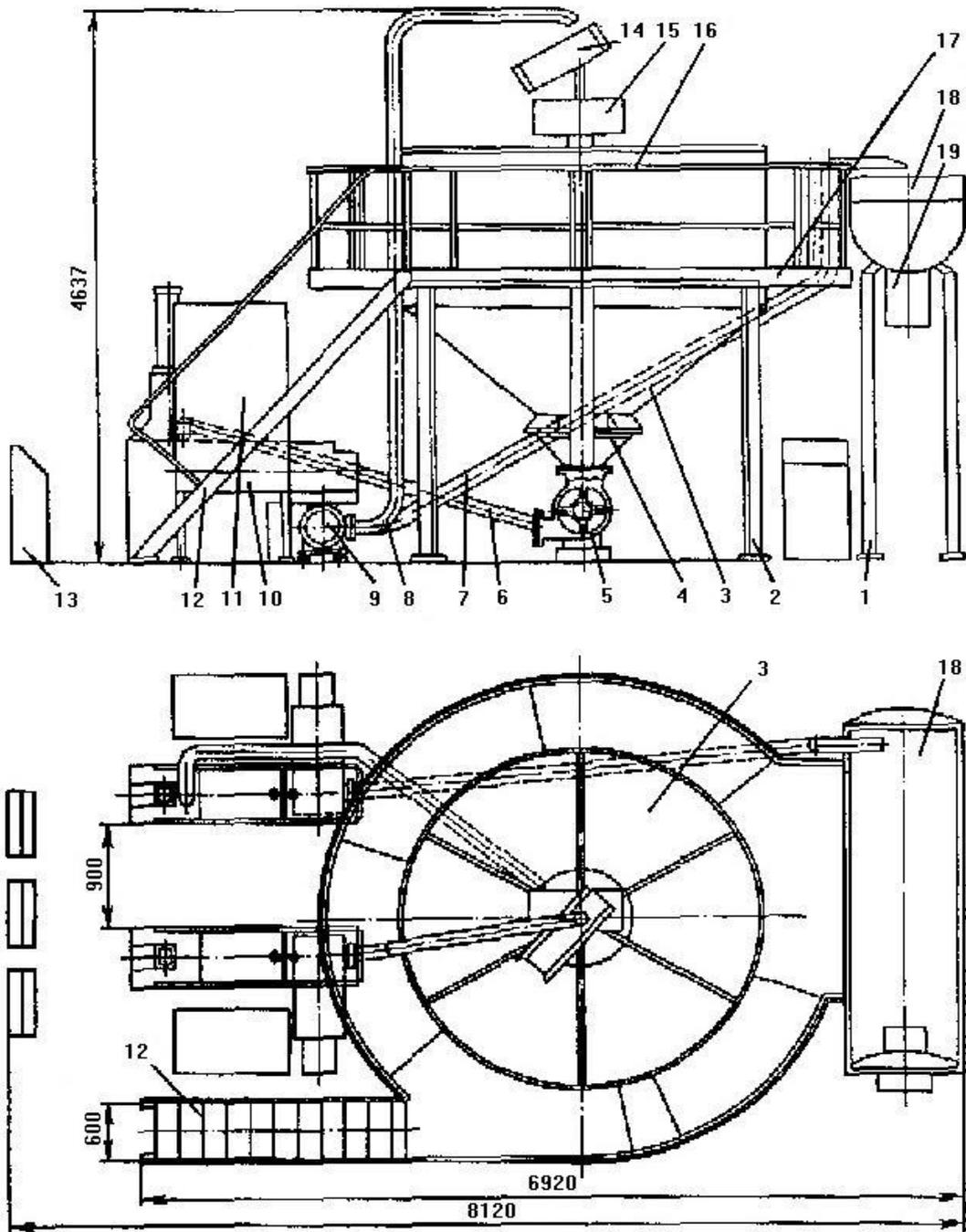
Тестоприготовительный агрегат Л4-ХАГ-13 (рис. 10) имеет такое же принципиальное конструкторское решение, как и рассмотренный выше агрегат. Он также предназначен для работы на большой густой опаре с использованием интенсивного замеса теста. Агрегат рассчитан на комплектацию линий печами, имеющими площадь пода 50 м^2 и обеспечивающими производительность до 30 т в сутки.

В агрегате Л4-ХАГ-13 (см. рис. 10) аппарат для брожения опары 4 имеет цилиндроконическую форму, опирается на три ролика 3, размещенных на площадке обслуживания 2, покоящейся на трубчатых опорах 1. Коническая часть бродильного аппарата 13 заканчивается неподвижным плоским днищем 14, прикрепленным с помощью растяжек к трубчатым опорам. Агрегат укомплектован двумя тестомесильными машинами 11 и 12 марки ТМН-70 и автоматическими дозировочными станциями 5 и 6 для жидких компонентов. Мука подается роторным дозатором 7. Замешенная опара направляется в бродильный аппарат с помощью шнекового питателя. Тесто от тестомесильной машины подается шнековым питателем по трубе 8 в бункер 9, установленный над тестоделительной машиной 10.

Тестоприготовительный агрегат И8-ХТА-12

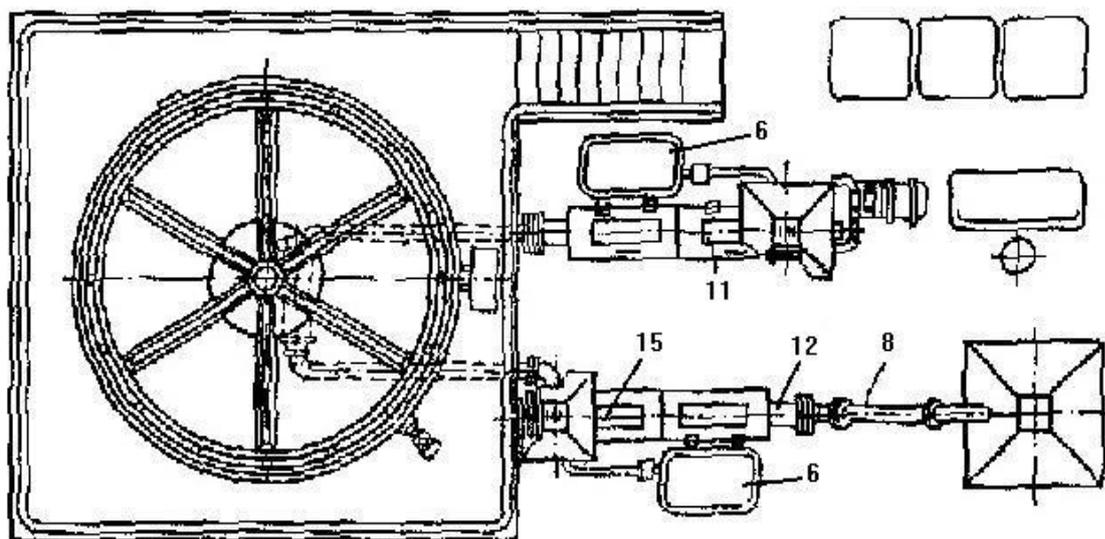
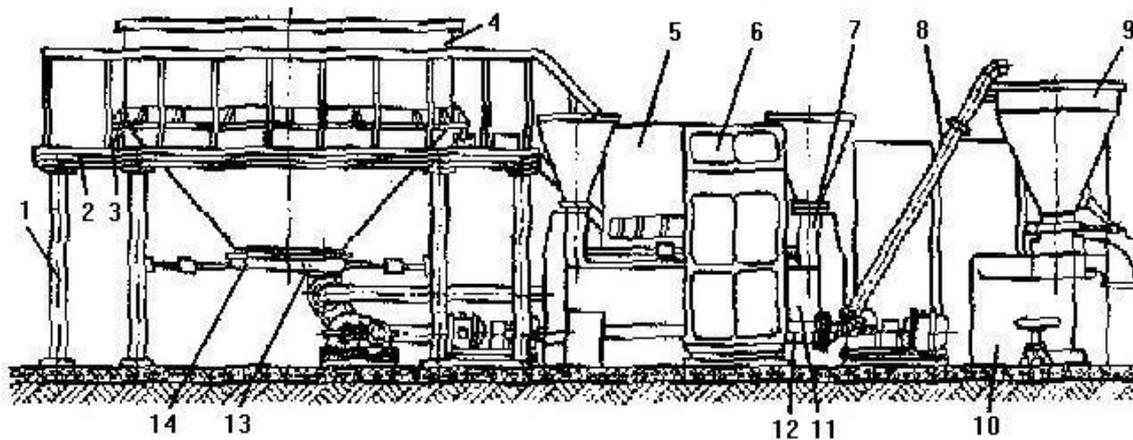
Тестоприготовительный агрегат И8-ХТА-12 (рис. 11) оборудован бродильным аппаратом в виде стационарного шестисекционного бункера емкостью 12 м^3 и наклонным корытом для брожения теста вместимостью $2,8 \text{ м}^3$, что отличает его от рассмотренных выше агрегатов И8-ХАГ-6 и Л4-ХАГ-13. Бродильное корыто для теста установлено так, чтобы тесто из него поступало самотеком в тестоделительную машину.

Стационарный бункер 3 агрегата установлен на опорах 2. Тестомесильные машины в агрегате расположены так, что под ними размещаются лопастная нагнетатель опары 9 и аналогичный по конструкции нагнетатель теста.



а

Рис. 10. Тестоприготовительный агрегат Л4-ХАГ-13 (а)



б

Рис. 10. Тестопрigотовительный агрегат Л4-ХАГ-13 (б) (продолжение):
 1 – трубчатые опоры; 2 – площадка обслуживания; 3 – опорные ролики;
 4 – аппарат для брожения опары; 5, 6 – дозировочные станции;
 7 – роторный дозатор муки; 8 – питающая труба; 9 – бункер;
 10 – тестodelительная машина; 11, 12 – тестомесильные машины
 марки ТМН-70; 13 – бродильный аппарат; 14 – неподвижное
 плоское днище

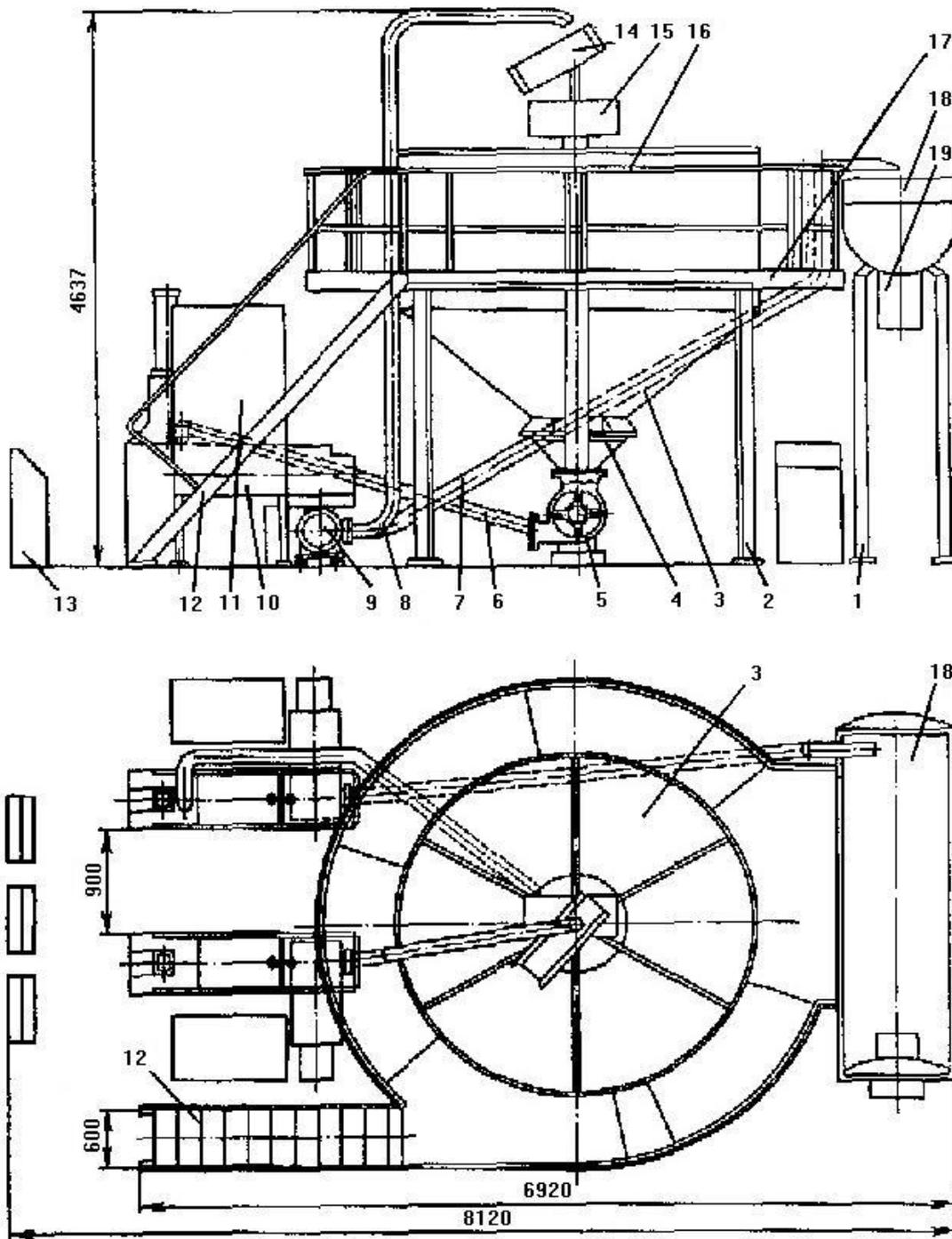


Рис. 11. Тестоприготовительный агрегат И8-ХТА-12:

1 – трубчатые опоры; 2 – швеллерные опоры; 3 – стационарный бункер;
 4 – конус; 5 – лопастной насос-дозатор; 6 – дозировочная труба; 7, 8 – транспортные трубы; 9 – лопастной нагнетатель опоры; 10 – тестомесильная машина;
 11 – дозировочная станция; 12 – лестница; 13 – пульт управления; 14 – поворотный лоток; 15 – приводное устройство; 16 – ограждение; 17 – площадка для обслуживания; 18 – наклонное корыто; 19 – тестоспуск

Замешенная опара поступает в бродильный бункер по транспортной трубе 8 и с помощью распределительного поворотного лотка 14 направляется в определенную секцию бункера. Лоток закреплен на общем валу с поворотным днищем, размещенным в конусе 4. В поворотном днище имеется вырез для выгрузки опары из одной секции бункера. Приводное устройство 15 периодически по мере загрузки секций опарой поворачивает лоток и поворотное днище на один шаг и переводит загрузку на следующую секцию. Выброшенная опара с помощью лопастного насоса-дозатора 5 транспортируется по трубе 6 к машине для замеса теста. Замешенное тесто подается лопастным нагнетателем по трубе 7 в наклонное корыто 18 с тестоспуском 19, установленным на четырех опорах 1.

Тестоприготовительный агрегат И8-ХТА-12 снабжен двумя дозировочными станциями 11, площадкой для обслуживания 17 с ограждением 16 и лестницей 12. Управление работой агрегата производится с пульта 13.

Важным достоинством рассмотренных бункерных агрегатов смешанного типа является то, что они позволяют применять прогрессивную технологическую схему тестоведения на большой густой опаре (закваске) с интенсификацией замеса теста и сокращением периода его брожения перед разделкой, а также позволяют производить смену ассортимента без длительной остановки процесса.

Техническая характеристика бункерных тестоприготовительных агрегатов приведена в таблице в конце раздела.

Тестоприготовительные агрегаты для порционного приготовления теста

К агрегатам данного типа относятся: БАГ и БАГ-20 системы профессора Н.Ф. Гатилина и агрегаты конструкций РМКУХП Лен-облгорисполкомов с бункерными бродильными аппаратами; системы Марсакова, ВНИЭКИпродмаша, Ш2-ХБВ – с кольцевыми конвейерными бродильными аппаратами, Ш2-ХББ – с ковшовым конвейерным бродильным аппаратом и ряд других. В настоящем разделе рассматриваются агрегаты порционного типа последнего поколения, предназначенные для приготовления теста при выработке булочных изделий на концентрированных молочнокислых заквасках (КМКЗ) в комплекте с тестомесильными машинами периодического действия РЗ-ХТИ-3, Ш2-ХТА, Ш2-ХТ2А с интенсивным замесом теста.

Бункерные тестоприготовительные агрегаты конструкции РМКУХП Леноблгорисполкомов

Бункерный тестоприготовительный агрегат конструкции РМКУХП Леноблгорисполкомов (рис. 12) состоит из поворотного бродильного бункера 5 вместимостью от 3 до 6 м², имеющего от 4 до 10 секций, и тестомесильной машины 3. Бункер опирается на три ролика 11, два из которых являются приводными и вращаются от привода 10, а третий – поддерживающий. В тестомесильную машину 3 из автомукомера 2 подается мука, а из дозировочной станции 1 – жидкие компоненты теста. Замешенное тесто через тестоспуск 4 выгружается в одну из секций бродильного бункера. После заполнения секций бункер поворачивается на $1/n$ часть окружности (где n – число секций бункера) для загрузки тестом последующей секции.

После поворота бункера на $(n - 1)/n$ окружности механизм 9 открывает шибер 6 и выброженное тесто поступает в воронку 7 тестоделителя 8.

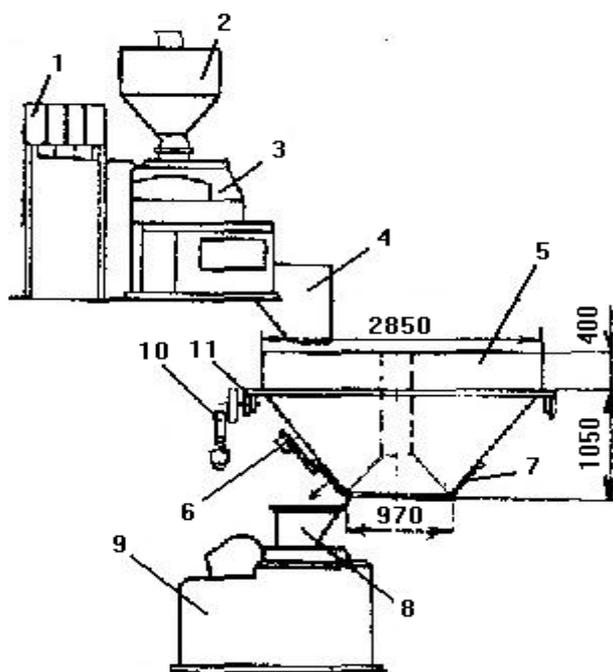


Рис. 12. Тестоприготовительный агрегат РМКУХП Леноблгорисполкомов:
1 – дозировочная станция; 2 – автомукомер; 3 – тестомесильная машина;
4 – тестоспуск; 5 – бродильный бункер; 6 – шибер; 7 – воронка; 8 – тестоделитель; 9 – блокировочный механизм; 10 – привод, 11 – ролики

Выгрузка теста из бункера может производиться непосредственно в воронку тестоделителя, а при необходимости (при различных компоновках оборудования) – в приемную стационарную воронку, из которой транспортирующим устройством (ленточным транспортером или лопастным нагнетателем) по тестопроводу тесто перемещается в наклонном направлении в воронку тестоделителя.

Кольцевой конвейерный тестоприготовительный агрегат Ш2-ХБВ

Агрегат Ш2-ХБВ (рис. 13) состоит из жесткого кольцевого конвейера 4, на котором установлены восемь съемных дежей 5 вместимостью 330 л, тестомесильной машины 3 и дежеопрокидывателя 2 (А2-ХПД). При этом подъемная площадка дежеопрокидывателя заменена специальным вилочным захватом 1 с реечным механизмом для съема дежей с кольцевого конвейера и перемещения их к дежеопрокидывателю с последующей фиксацией дежи для ее подъема и опрокидывания.

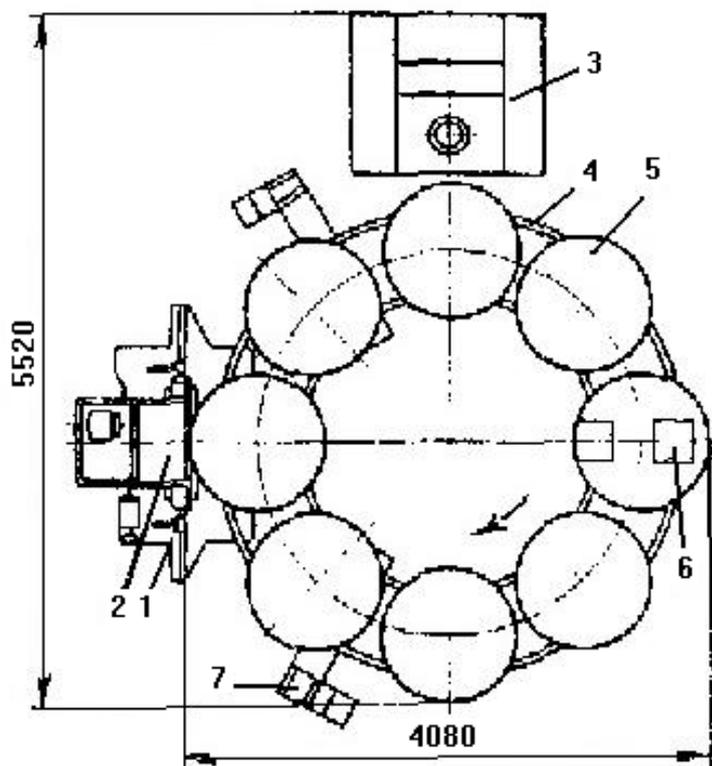


Рис. 13. Тестоприготовительный агрегат Ш2-ХБВ:
1 – вилочный захват; 2 – дежеопрокидыватель; 3 – тестомесильная машина; 4 – кольцевой конвейер; 5 – дежа; 6 – опорные ролики; 7 – привод

Кольцевой конвейер изготовлен из стали швеллерного профиля и периодически поворачивается вокруг своей оси. Кольца установлены на ролики, из которых два являются ведущими и вращаются от привода 7, а четыре – опорными 6.

В тестомесильную машину 3 подаются мука из автомукомера и жидкие компоненты из соответствующей дозировочной аппаратуры. Замешенное тесто из тестомесильной машины выгружается в дежу, после заполнения которой кольцевой конвейер поворачивается на один шаг дежей. При этом дежа с тестом перемещается на брожение, одновременно к тестомесильной машине устанавливается последующая освобожденная дежа. После перемещения дежи по кругу от тестомесильной машины до тестоопрокидывателя тесто выбрасывается и дежа снимается с кольцевого конвейера для подъема и освобождения ее от теста.

Ковшовый конвейерный тестоприготовительный агрегат Ш2-ХББ

Агрегат Ш2-ХББ (рис. 14) состоит из четырех пар свободно вращающихся на отдельных пальцах цепных звездочек 5, 7, 13, 16. Пара звездочек 8 – приводные, а звездочки 14 – натяжные. На звездочки натянуты две бесконечные втулочно-роликовые цепи с шагом 140 мм, которые перемещаются по направляющим 3. К цепям шарнирно прикреплены через восемь звеньев ковши 2 с шагом 1120 мм и вместимостью 330 л. Конвейер смонтирован на каркасе Г-образной формы 4, который состоит из четырех секций. Консольная часть каркаса опирается на две стойки 11.

Привод конвейера осуществляется от электродвигателя ($N = 0,75$ кВт; $n = 1000$ об/мин) через червячный редуктор 10, цепную передачу, вращающую промежуточный вал 9, от которого через две цепные параллельные передачи вращаются приводные звездочки, укрепленные на отдельных пальцах.

Замешенное тесто из тестомесильной машины 1 выгружается в ковши для брожения. Заполненный тестом ковш перемещается на брожение, а последующий устанавливается под загрузку. В этот период при достижении механизма 12 ковш поворачивается на 145° вокруг оси подвески и выброженное тесто поступает в воронку тестоделителя 15. При необходимости увеличения времени брожения в конст-

рукции механизма 12 предусмотрено производить разгрузку после ковша 11 или 12.

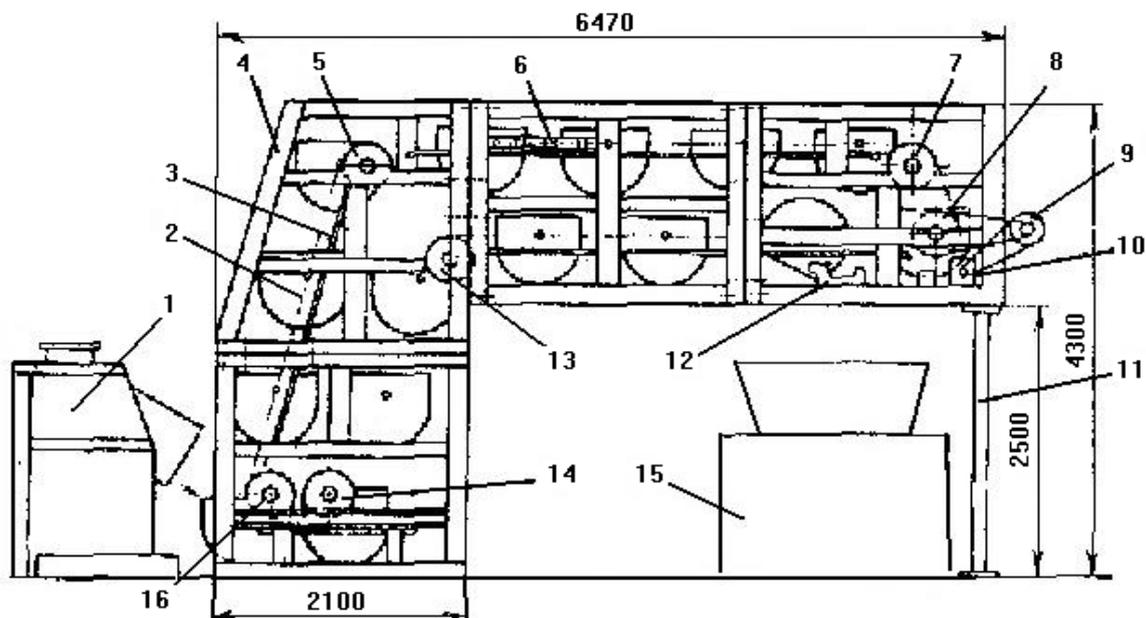


Рис. 14. Тестоприготовительный агрегат Ш2-ХББ:

- 1 – тестомесильная машина; 2 – ковши; 3 – направляющие; 4 – каркас;
 5, 7, 13, 16 – цепные звездочки; 6, 8 – приводные звездочки; 9 – промежуточный вал; 10 – червячный редуктор; 11 – стойки; 12 – поворотный механизм;
 14 – натяжные звездочки; 15 – тестоделитель

Техническая характеристика агрегата приведена в табл. 1.

Таблица 1

Техническая характеристика тестоприготовительных агрегатов

Показатель	ХТР	И8-ХАГ-6	Л4-ХАГ-13	И8-ХТА-12	Ш2-ХБВ
Производительность, кг/ч	800	600	1200	1350	500
Суммарная емкость бродильного аппарата, м ²	5,06	6	13	14,8	2,64
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	11,68	20,8	20,7	14,04	26

Показатель	ХТР	И8-ХАГ-6	Л4-ХАГ-13	И8-ХТА-12	Ш2-ХБВ
Габаритные размеры, мм:					
длина	9000	6340	10000	6920	4745
ширина	3910	4130	4300	4340	4080
высота	3625	3080	3470	4470	2570
Масса, кг	7100	6670	7500	6700	5850

6. Элементы расчета бункерных тестоприготовительных агрегатов

Расчет бункерных тестоприготовительных агрегатов смешанного типа заключается в определении вместимости и размеров бункера для брожения опары или закваски и воронки для тестоделителя.

Расчет бункера для брожения опары или закваски ведется на основании часового расхода муки $M_{\text{ч}}$ (кг/ч) на приготовление теста:

$$M_{\text{ч}} = \frac{Q_{\text{ч}} \cdot 100}{v}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{ч}}$ – производительность печи по данному сорту изделий, кг/ч; v – выход изделий, %.

Часовой расход муки на приготовление опары (кг/ч)

$$M_{\text{ч.о}} = \frac{M_{\text{ч}} p}{100}, \quad (2)$$

где p – количество муки на приготовление опары на 100 кг муки, расходуемой на тесто, кг.

Часовой расход муки на приготовление закваски (кг/ч)

$$M_{\text{ч.з}} = \frac{M_{\text{ч}} (p_1 + p_2)}{100}, \quad (3)$$

где p_1 – количество муки в закваске на приготовление теста на 100 кг муки, расходуемой на тесто, кг; p_2 – количество муки в закваске, направленной на возобновление закваски на 100 кг муки, расходуемой на тесто, кг.

Ритм загрузки–разгрузки секции (мин)

$$r = \frac{T_{\text{бр}}}{D - 1}, \quad (4)$$

где $T_{\text{бр}}$ – занятость секции под брожением, мин; D – число секций бункера.

Количество замешенной муки для заполнения одной секции опарой (включая муку, находящуюся в жидких дрожжах) (кг)

$$M_c = \frac{M_{\text{ч.о}} r}{60}. \quad (5)$$

Вместимость одной секции (л)

$$V_c = \frac{M_c \cdot 1000}{g}, \quad (6)$$

где g – плотность опары, кг/м³.

Общая вместимость бункера (л)

$$V_o = V_c D. \quad (7)$$

В случае, если емкость стандартного бункера недостаточна, допускается увеличение ее путем следующего расчета.

Зная необходимую вместимость бункера и задаваясь радиусом или высотой цилиндрической части бункера, можно определить его размеры.

Общий объем бункера (м³)

$$V_o = V_{\text{ц}} + V_{\text{к}}, \quad (8)$$

где $V_{\text{ц}}$ – объем цилиндрической части бункера, м³,

$$V_{\text{ц}} = \pi R^2 h_{\text{ц}},$$

здесь R – радиус бункера, м; $h_{\text{ц}}$ – высота цилиндрической части бункера, м; $V_{\text{к}}$ – объем конической части бункера (м³),

$$V_{\text{к}} = \left(\frac{\pi h_{\text{к}}}{3} \right) (R^2 + R_1^2 + RR_1),$$

здесь R_1 – радиус нижнего отверстия бункера, м; h_k – высота конической части бункера, м,

$$h_k = \operatorname{tg} \alpha (R - R_1),$$

α – угол наклона образующей конической части бункера.

Для обеспечения нормального движения опары или закваски в конической части бункера при выгрузке из бункера угол должен быть не менее 50° .

Обычно принимается следующее соотношение объемов бункера для брожения опары или закваски:

$$\frac{V_{\text{ц}}}{V_{\text{к}}} = 1,6 \div 1,65.$$

Пользуясь этим соотношением, получим

$$V_{\text{ц}} = V_o - V_{\text{к}}; \quad V_{\text{ц}} = 1,6V_{\text{к}};$$

и

$$1,6V_{\text{к}} = V_o - V_{\text{к}};$$

откуда

$$V_o = 2,6V_{\text{к}}, \quad V_{\text{к}} = \frac{V_o}{2,6} = 0,384 V_o,$$

соответственно

$$V_{\text{ц}} = 0,616 V_o.$$

Рекомендуется изменять стандартный объем бункера путем изменения высоты его цилиндрической части. Изменение высоты h (м) определяется по формуле

$$h = 4 \frac{V_p - V}{\pi d^2}, \quad (9)$$

где V_p – расчетный объем бункера, м^3 ; V – объем стандартного бункера, м^3 ; d – диаметр цилиндрической части бункера, м.

Необходимый объем емкостей (воронки) для брожения теста над тестоделителем (м^3)

$$V_{\text{T}} = \frac{Q_{\text{ч}} T}{60 \nu g_{\text{T}}}, \quad (10)$$

где T – продолжительность брожения теста, мин (принимается равной 25–40 мин); g_{T} – плотность теста, $\text{кг}/\text{м}^3$.

7. Порядок оформления и содержание отчета о работе

Отчет должен содержать (согласно заданию преподавателя):

- описание конструкции и принципа действия одного из тесто-приготовительных агрегатов;
- технологическую принципиальную схему тестоприготовительного агрегата;
- расчет тестоприготовительного агрегата.

Эскизы, схемы и чертежи выполняются карандашом либо на компьютере с соблюдением требований ЕСКД. Отчет выполняется на специальных бланках кафедры с обязательным указанием наименования лабораторной работы, даты ее выполнения, ФИО студента и номера учебной группы. Текст пишется ручкой либо печатается на компьютере.

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. Гришин А.С., Покатило Б.Г., Молодых Н.Н. Дипломное проектирование предприятий хлебопекарной промышленности. – М.: Агропромиздат, 1986. – 246 с.
3. Корнильев И.Б. Непрерывнодействующие машины и агрегаты для приготовления теста: Учеб. пособие. – Л.: ЛТИХП, 1986. – 51 с.

4. **Лисовенко А.Т.** Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. – 208 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. **Хромеев В.М.** Оборудование хлебопекарного производства. – М.: Высш. шк., 2000. – 315 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ТЕСТОМЕСИЛЬНЫЕ МАШИНЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

1. Цель работы

Целью работы является краткое знакомство с процессом тестоприготовления и классификацией тестомесильных машин периодического действия, изучение некоторых конструкций тестомесильных машин периодического действия, применяемых в хлебопекарной промышленности, приобретение навыков расчета тестомесильных машин и составления их кинематических принципиальных схем.

2. Порядок выполнения работы

При подготовке к лабораторной работе студент должен изучить данные методические указания и рекомендуемую литературу. Затем студент приступает к разборке, изучению и проведению необходимых измерений одной из тестомесильных машин, имеющихся в лаборатории кафедры (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 тестомесильной машины, а также проведение необходимых расчетов – 2 ч;
- на оформление и сдачу отчета – 1 ч.

3. Некоторые теоретические сведения о процессе замеса теста

Замес теста осуществляется в рабочей камере тестомесильной машины в течение 0,5–4,0 мин в результате тщательного перемешивания компонентов и механической его проработки, существенно влияющей на структуру и свойства теста, интенсивность его созревания и качество готового продукта.

Процесс замеса пшеничного теста существенно отличается от замеса ржаного теста и является более сложным. В пшеничном тесте образуется губчатый упругий клейковинный каркас, тесто становится эластичным и упругим. Для ржаного теста характерны: пластичность, высокая вязкость, слабые упругость и растяжимость. При замесе теста механическая проработка наиболее существенно влияет на качество пшеничного теста.

В результате замеса образуется однородная упругопластичная капиллярно-пористая масса, содержащая муку, воду, дрожжи и прочие компоненты; в ней активно протекают физические, коллоидные, микробиологические и ферментативные процессы.

Для анализа и постадийного обоснования рабочих параметров следует рассмотреть физическую модель процесса, предложенную Х.Д. Чейтнером (рис. 1).

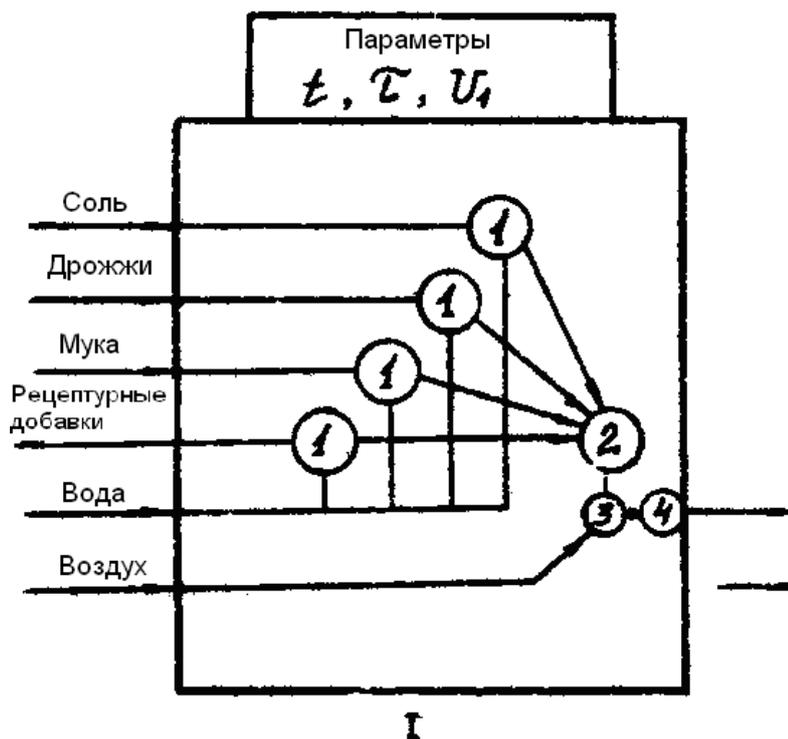


Рис. 1. Трехстадийная модель замеса теста:
I – предварительное смешивание

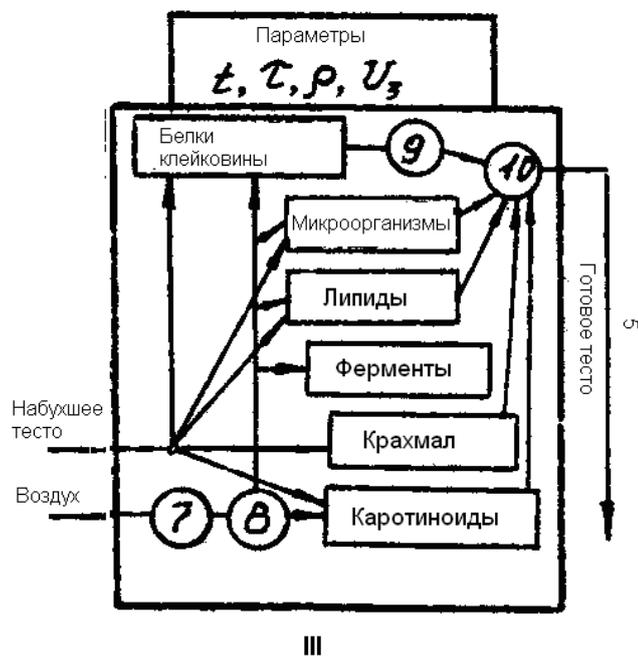
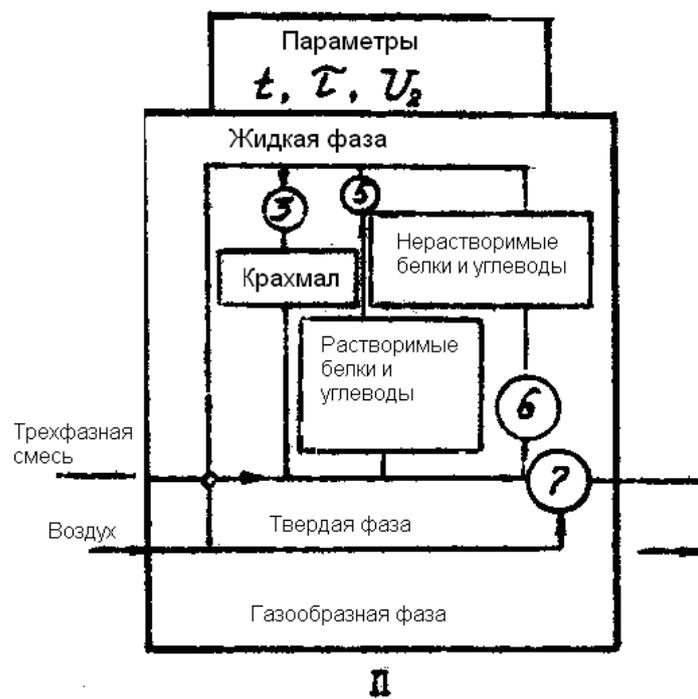


Рис. 1. Трехстадийная модель замеса теста (продолжение):

II – собственно замес; III – пластификация;

1 – увлажнение; 2 – аэрация; 3 – сорбция; 4 – диспергирование; 5 – растворение;
6 – набухание; 7 – окклюзия; 8 – окисление; 9 – образование межмолекулярных
связей; 10 – структурирование

Первая стадия – смешивание компонентов – завершается образованием трехфазной смеси с высокой равномерностью распределения компонентов замеса. Здесь происходит увлажнение сухих компонентов, их диспергирование, аэрация, сорбция влаги поверхностью частиц. Эта стадия должна проводиться как можно быстрее, чтобы достичь равномерного смещения компонентов с минимальной затратой энергии. При медленном же перемешивании одновременно будет происходить набухание частиц муки с образованием комочков и повышением когезии, затрудняющих дальнейшее равномерное распределение компонентов.

Вторая стадия – собственно замес – характеризуется выравниванием влагосодержания, диффузией влаги внутрь частиц муки, набуханием белков и переходом в раствор водорастворимых компонентов муки. Здесь заметно возрастают усилие сдвига массы и, следовательно, потребление энергии на привод месильной машины. При набухании большую часть влаги забирают белковые вещества – глиадин и глютеин (имеющие водопоглотительную способность около 200 %), альбумин и глобулин могут набухать неограниченно. Набухшие белки образуют гидрогель. Водопоглощение крахмала муки достигает 40 %, однако, скорость поглощения влаги крахмалом выше, чем белками. Вязкость массы теста увеличивается при добавлении окислителей. На скорость течения второй стадии замеса оказывают влияние свойства муки, степень измельчения крахмальных зерен, температура и рецептурные добавки, вносимые в тесто. При поглощении влаги белки пшеничной муки сильно увеличиваются в объеме, образуя клейковинный каркас, скрепляющий набухшие зерна и нерастворимые частицы муки. Вторая стадия замеса не требует энергичной механической проработки массы.

Третья стадия – пластификация – сопровождается структурными изменениями крахмальных зерен и образованием клейковинной решетки, связывающей крахмальные зерна. При этом они частично измельчаются и обволакиваются белковыми пленками, которые также претерпевают структурные изменения. Благодаря образованию межмолекулярных соединений появляются молекулы-гиганты молекулярной массой около 10^5 . Такие структурированные пленки создают хороший газодерживающий каркас теста.

Третья стадия требует усиленного механического воздействия. При этом изменяются структурно-механические свойства клейкови-

ны, происходит ее измельчение, выравнивание структуры теста, что в дальнейшем при брожении способствует образованию равномерной мелкой пористости.

В зависимости от конструкции тестомесильной машины, температуры замеса t и интенсивности воздействия на тесто V длительность процесса τ может изменяться в широких пределах, а также совмещаться во времени.

Замес в конечном итоге должен обеспечивать равномерное перемешивание всех компонентов, получение теста с определенными свойствами и создание предпосылок для обеспечения оптимальных условий последующих этапов технологического процесса: брожения, деления, формования, расстойки и выпечки.

4. Классификация тестомесильных машин периодического действия

По роду работы тестомесильные машины подразделяются на машины периодического (дискретного) действия и непрерывно действующие.

Тестомесильные машины периодического действия бывают с месильными емкостями (дежами) стационарными и подкатными. Дежи бывают неподвижными, со свободным и принудительным вращением.

Особенностью работы тестомесильных машин периодического действия с подкатными дежами является то, что перед замесом в дежу загружается определенная порция компонентов; дежу подкатывают и фиксируют на фундаментной площадке тестомесильной машины. После замеса дежу с тестом откатывают в камеру брожения, где происходит его созревание в течение нескольких часов. К машине в это время подкатывается следующая дежа, и цикл повторяется. На одну месильную машину приходится от 5 до 12 дежей в зависимости от производительности линии.

Тестомесильные машины со стационарными дежами отличаются тем, что замешанное на них тесто сразу же выгружается из дежи, которая для этого поворачивается на определенный угол, и поступает на брожение в специальную емкость.

В зависимости от интенсивности воздействия рабочего органа на массу тестомесильные машины делятся на: тихоходные (удельный

расход энергии на замес 5–12 Дж/г), быстроходные или интенсивные (удельный расход энергии 15–30 Дж/г) и суперинтенсивные (удельный расход энергии до 45 Дж/г). В последних наблюдается существенный нагрев теста при замесе (до 20 °С), следовательно, в этом случае требуется устройство водяного охлаждения месильной камеры.

В зависимости от расположения оси месильного органа различаются машины с горизонтальной, наклонной и вертикальной осями.

По характеру движения месильного органа бывают машины с круговым, вращательным, планетарным, сложным плоским и пространственным движением месильного органа.

В зависимости от применяемой системы управления тестомесильные машины бывают с ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением.

На рис. 2 и 3 приведены схемы эксплуатирующихся в настоящее время тестомесильных машин периодического действия, соответственно, с подкатными и стационарными дежами.

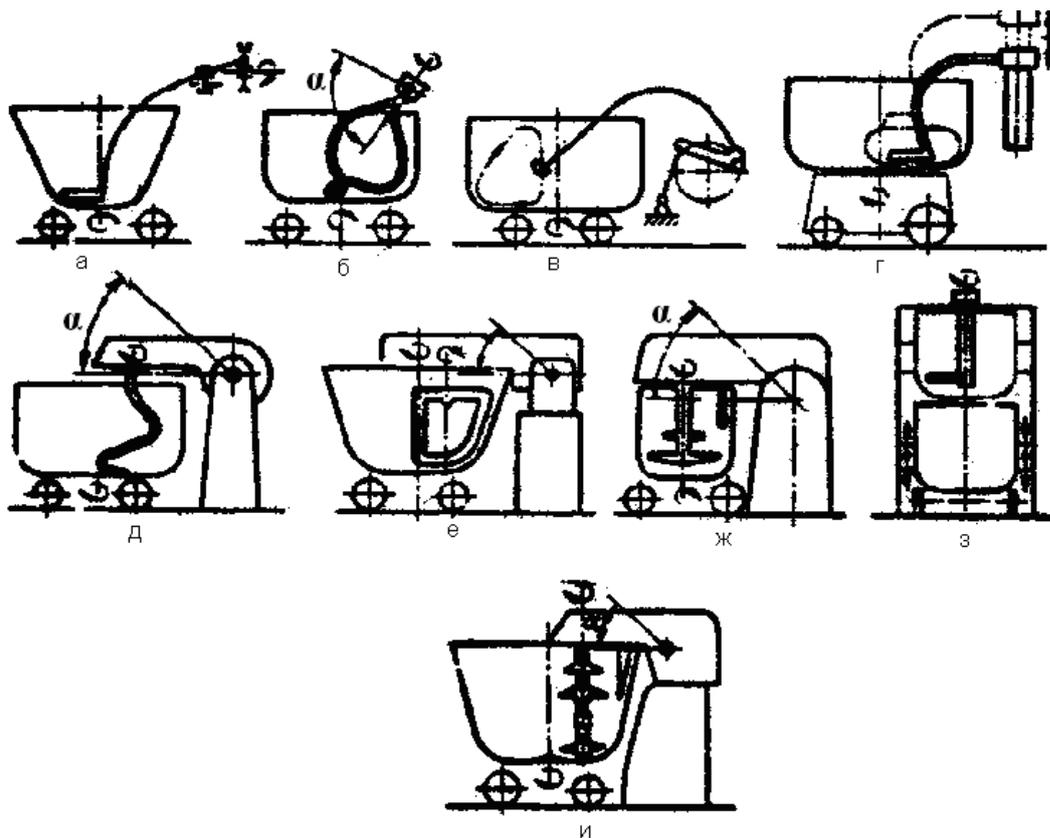


Рис. 2. Принципиальные схемы тестомесильных машин периодического действия с подкатными дежами

На рис. 2, а – с поступательным круговым движением наклонной месильной лопасти; б – с вращательным движением наклонной месильной лопасти, описывающей двойной конус; в – с плоским движением месильной лопасти по замкнутой кривой; г – с криволинейным пространственным движением месильной лопасти по эллиптической кривой; д – с вертикальной спиралеобразной лопастью, смещенной от центра дежи; е – с несимметричной месильной лопастью, смещенной от центра дежи и совершающей планетарное движение; ж – с многолопастным месильным органом и неподвижной дежей; з – с горизонтальной лопастью, вращающейся вокруг вертикальной оси в неподвижной деже; и – с вертикальным многолопастным валом, смещенным от центра вращающейся дежи.

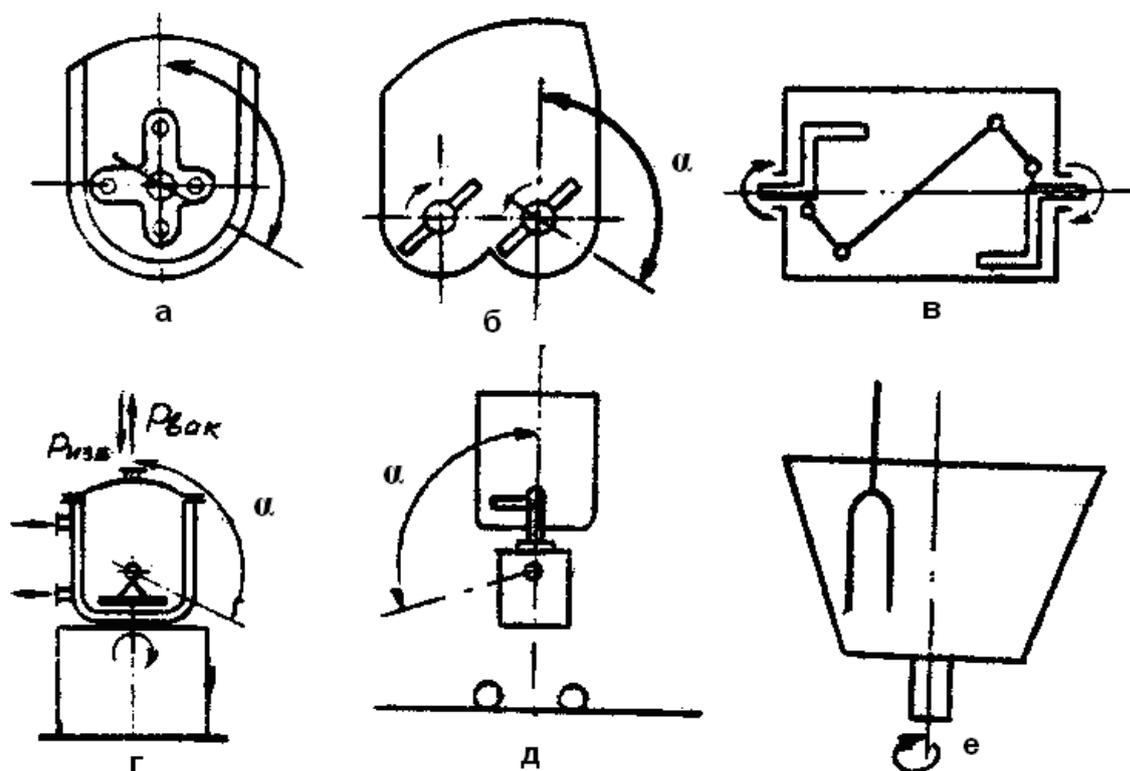


Рис. 3. Принципиальные схемы тестомесильных машин периодического действия со стационарными дежами:

а – с четырьмя горизонтальными или наклонными цилиндрическими месильными валами; б – с двумя Z-образными горизонтальными месильными лопастями; в – с шарнирной Z-образной горизонтальной лопастью; г – с месильной лопастью в виде многоугольного ротора или другой конфигурации, вращающейся в месильной емкости, снабженной водяной рубашкой; д – с горизонтальной лопастью, вращающейся вокруг вертикальной оси в неподвижной деже, наклоняемой для разгрузки на угол α вместе с приводом, расположенным под дежей; е – с эксцентрично расположенным в деже вильчатым или рамным месильным органом и со свободным вращением дежи

5. Некоторые конструкции тестомесильных машин периодического действия

В данном разделе приводится описание конструкций и техническая характеристика современных отечественных тестомесильных машин периодического действия с подкатными и стационарными дежами, выпускаемых в настоящее время серийно.

Тестомесильные машины с подкатными дежами

Тестомесильная машина ТММ-1М

Машина ТММ-1М (рис. 4) состоит из крышки 1, месильного рычага 2, кривошипа 4, корпуса 5, редуктора 10 привода дежи и фундаментной плиты 6.

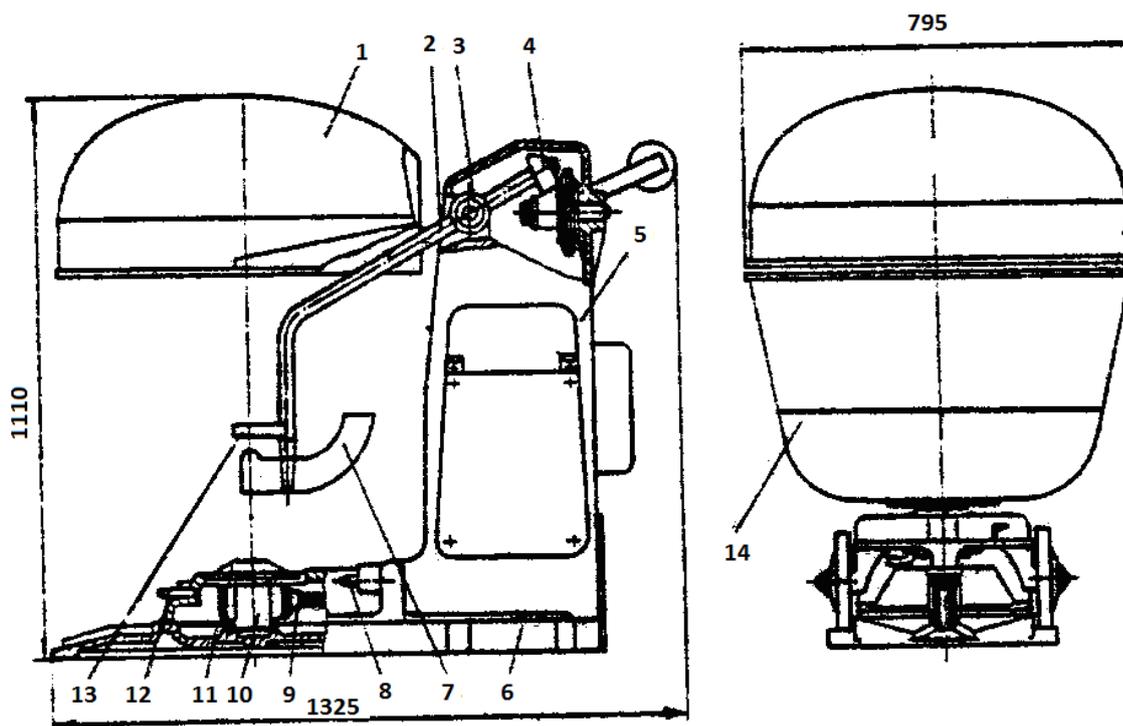


Рис. 4. Общий вид тестомесильной машины ТММ-1М:

1 – крышка; 2 – месильный рычаг; 3 – поворотный кулак; 4 – кривошип;
5 – корпус; 6 – фундаментная плита; 7 – лопасть; 8, 12 – боковые штыри;
9 – вал; 10 – редуктор; 11 – диск; 13 – направляющая лопатка; 14 – дежа

Фундаментная плита представляет собой чугунное основание коробчатой формы с площадками для редукторов – главного и привода дежи. Для правильного направления ходовых колес при накатке дежи 14 с обеих сторон плиты имеются специальные выступы, а в передней части – углубление для направляющего колеса.

Редуктор 10 привода дежи состоит из чугунного корпуса, червяка, червячного колеса, посаженного на валик, и крышек. На верхнем конце валика посажен конический диск 11, имеющий квадратное гнездо, в которое при накатывании дежи входит квадратный выступ на цапфе дежи. Редуктор привода дежи вращается от главного редуктора, расположенного в корпусе 5 машины, с помощью вала 9 и муфты.

Внутри чугунного корпуса машины на оси установлен кривошип, который состоит из звездочки, корпуса и подшипника.

Передняя стенка корпуса машины в верхней части имеет вырез для месильного рычага и бобышку, в которой на подшипнике скольжения смонтирован поворотный кулак 3. В вилку кулака вставлен палец, на котором закреплен месильный рычаг. В выступах тележки и вилке поворотного колеса просверлены горизонтальные отверстия для боковых штырей 8 и 12, запрессованных в корпус машины. На них при наворачивании дежи на плиту насаживается корпус тележки.

Замес теста производится в подкатной деже, которая накатывается на фундаментную плиту под месильный рычаг. Во время замеса месильный рычаг и дежа одновременно вращаются навстречу друг другу. На нижнем конце месильного рычага расположены лопасть 7 и направляющая лопатка 13. Накатывание и скатывание дежи производится вручную.

Указанная машина предназначена для замеса опары влажностью не ниже 39 % из ржаной и пшеничной муки в дежах V-140 емкостью 140 л. Применяется на предприятиях хлебопекарной промышленности небольшой мощности и в кондитерских цехах.

Кинематическая принципиальная схема тестомесильной машины ТММ-1М представлена на рис. 5.

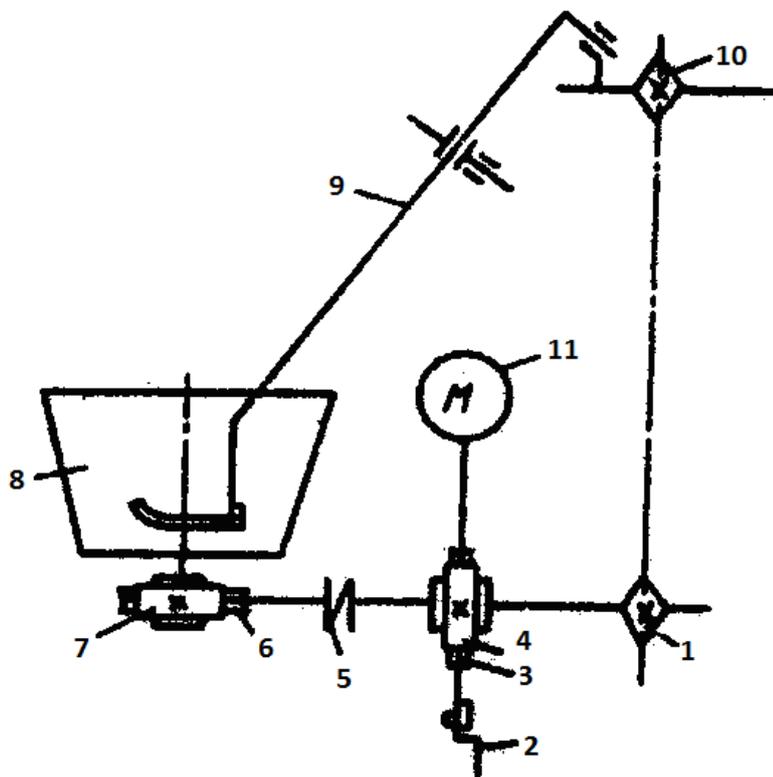


Рис. 5. Кинематическая принципиальная схема тестомесильной машины ТММ-1М:
 1, 10 – звездочки; 2 – рукоятка ручного привода;
 3, 6 – червячные колеса;
 4, 7 – червяки; 5 – муфта; 8 – дежа;
 9 – месильный рычаг; 11 – электродвигатель

Тестомесильная машина А2-ХТБ

Машина А2-ХТБ (рис. 6) состоит из фундаментной плиты 1, станины 2, месильного органа 10, электрооборудования 3, траверсы 7 с установленными на ней приводом 5 поворота траверсы и приводом 6 месильного органа, ограждения 8, поддона 4 и крышки 9.

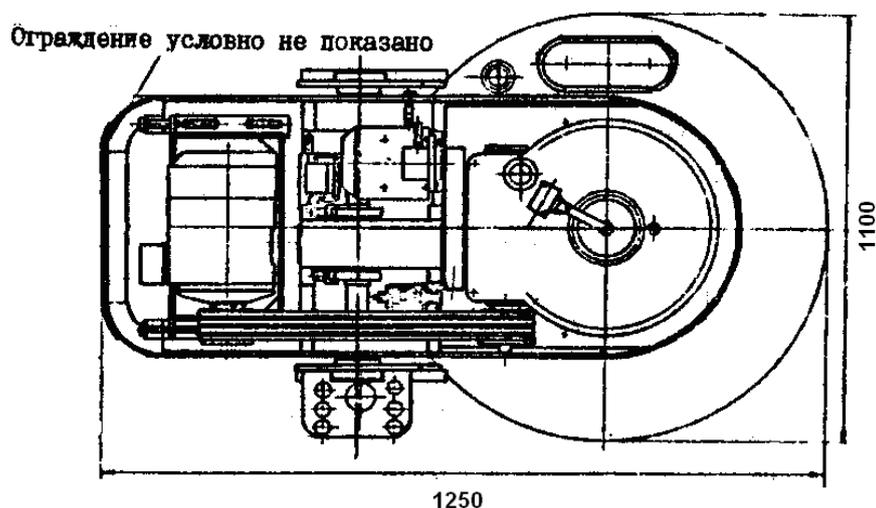
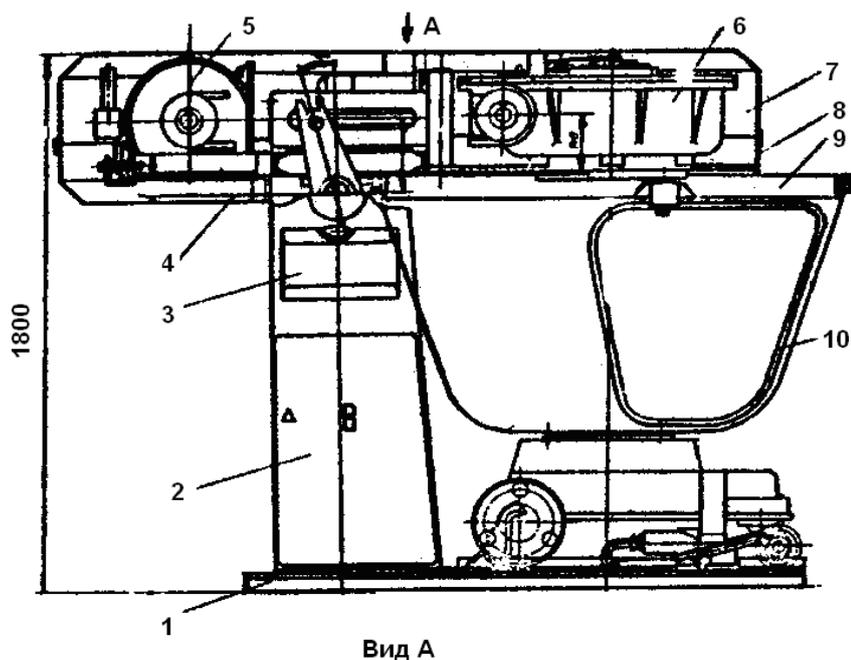


Рис. 6. Общий вид тестомесильной машины А2-ХТБ:
1 – фундаментная плита; 2 – станина; 3 – электрооборудование; 4 – поддон;
5 – привод поворота траверсы; 6 – привод месильного органа; 7 – траверса;
8 – ограждение; 9 – крышка; 10 – месильный орган

На фундаментной плите закрепляется станина, имеющая направляющие, на которые устанавливается выдвижной блок с электрооборудованием, имеющим электроразъемы, отключающие электропитание тестомесильной машины.

На станине имеется неподвижная ось, на которой расположены подшипники для установки траверсы 7 и упоры механизма подъема и опускания траверсы. Последняя может подниматься в вертикальной плоскости относительно оси станины на угол 55° .

Подъем и опускание траверсы осуществляются приводом 5, состоящим из электродвигателя, клиноременной и винтовой передач, через ролики, соприкасающиеся с рабочей поверхностью упоров.

Привод месильного органа состоит из электродвигателя, клиноременной передачи и редуктора с червячной и планетарной передачами. Месильный орган 10 совершает планетарное движение, вращаясь вокруг собственной оси и вокруг оси дежи, что обуславливает замес теста.

Дежа накатывается на фундаментную плиту 1, имеющую специальные направляющие и упоры, и закрепляется на ней. Затем дежа заполняется необходимыми компонентами, опускается траверса 7 и включается привод 6 месильного органа. Время замеса теста или опары устанавливается с помощью реле времени. По истечении времени электродвигатель автоматически отключается, останавливается месильный орган 10 и включается привод 5 поворота траверсы, которая поднимается в крайнее верхнее положение, и месильный орган выходит из дежи. Для выкатывания дежи необходимо нажать ногой на педаль фиксатора, а затем выкатить дежу.

Данная машина предназначена для замеса полуфабрикатов и теста плотностью от 35 до 54 % в дежах Т1-ХТ2 вместимостью 330 л на хлебопекарных предприятиях.

Кинематическая принципиальная схема тестомесильной машины А2-ХТБ представлена на рис. 7.

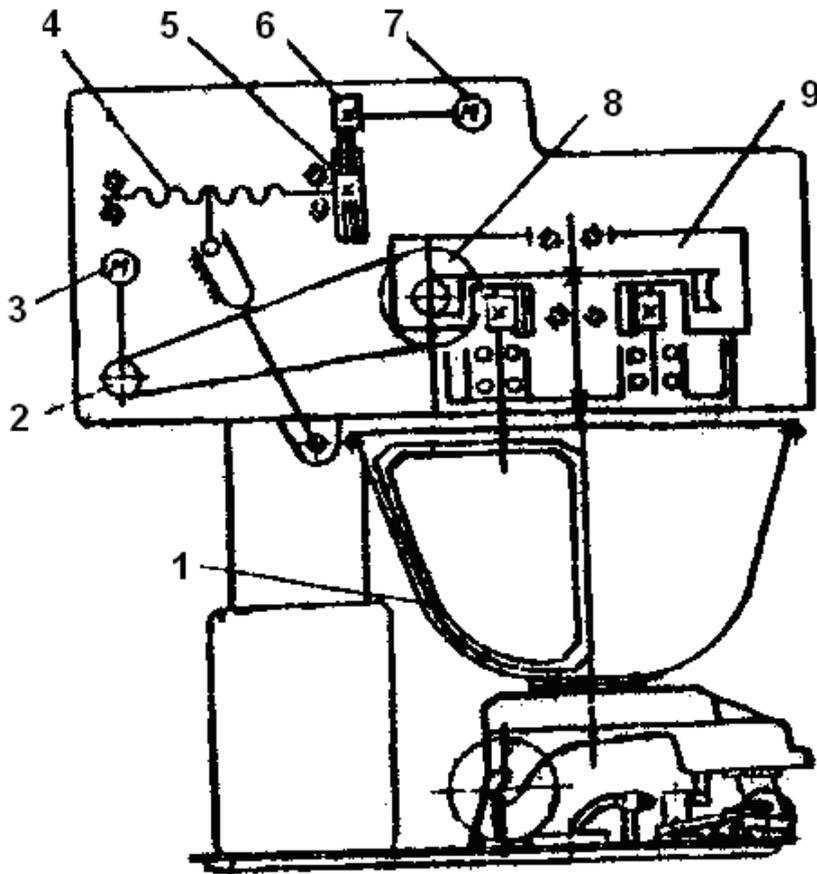


Рис. 7. Кинематическая принципиальная схема тестомесильной машины А2-ХТБ:

- 1 – месильный орган; 2, 5, 6, 8 – шкивы клиноременных передач;
- 3 – электродвигатель привода месильного органа; 4 – винтовая передача;
- 7 – электродвигатель привода траверсы; 9 – планетарный редуктор

Тестомесильная машина А2-ХТМ

Машина А2-ХТМ (рис. 8) состоит из фундаментной плиты, станины 1, траверсы 7 с установленными на ней механизмом поворота траверсы и приводом 6 месильного органа, крышки 4, месильного органа 5, ограждения 3, поддона 2 и электрооборудования, встроенного в станину.

На фундаментной плите имеются направляющие пальцы, отверстие для установки и фиксации подкатной дежи в рабочем положении, а также электроблокировка фиксации дежи. На фундаментной плите закрепляется станина, имеющая направляющие, на которые устанавливается выдвижной блок с электрооборудованием.

Траверса шарнирно соединена с неподвижной осью станины, что обеспечивает возможность ее поворота на угол 60° относительно этой оси. На траверсе установлены механизм поворота траверсы и привод месильного органа. Механизм поворота траверсы состоит из электродвигателя, клиноременной передачи и винтовой пары, корпуса гайки, имеющего две выступающие оси с сухарями, соприкасающимися с рабочей поверхностью упора стойки.

Вращение от электродвигателя посредством клиноременной передачи передается на винт, вращение которого в свою очередь преобразуется во вращательное движение (поворот) траверсы, так как корпус гайки винтовой пары неподвижен.

Привод 6 месильного органа состоит из электродвигателя, клиноременной передачи и планетарного редуктора. Месильный орган 5 совершает вращательное планетарное движение вокруг собственной оси и вокруг оси дежи.

После установки дежи нажатием кнопки «Вниз» включается электродвигатель привода поворота траверсы 7. Траверса поворачивается в рабочее (нижнее) положение, дежа герметически закрывается крышкой 4. Нажатием кнопки «Пуск» включается электродвигатель привода 6 месильного органа, который, совершая планетарное движение, производит замес. По истечении заданного времени электродвигатель автоматически останавливается. Траверса поворачивается в крайнее верхнее положение, и месильный орган выходит из дежи.

Тестомесильная машина А2-ХТМ с подкатной дежой, неподвижной при замесе, предназначена для замеса полуфабрикатов и теста из пшеничной и ржаной муки влажностью от 33 до 54 % в дежах А2-ХТД вместимостью 140 л. Применяется на предприятиях хлебо-

пекарной промышленности небольшой мощности, а также в кондитерских цехах и цехах предприятий общественного питания.

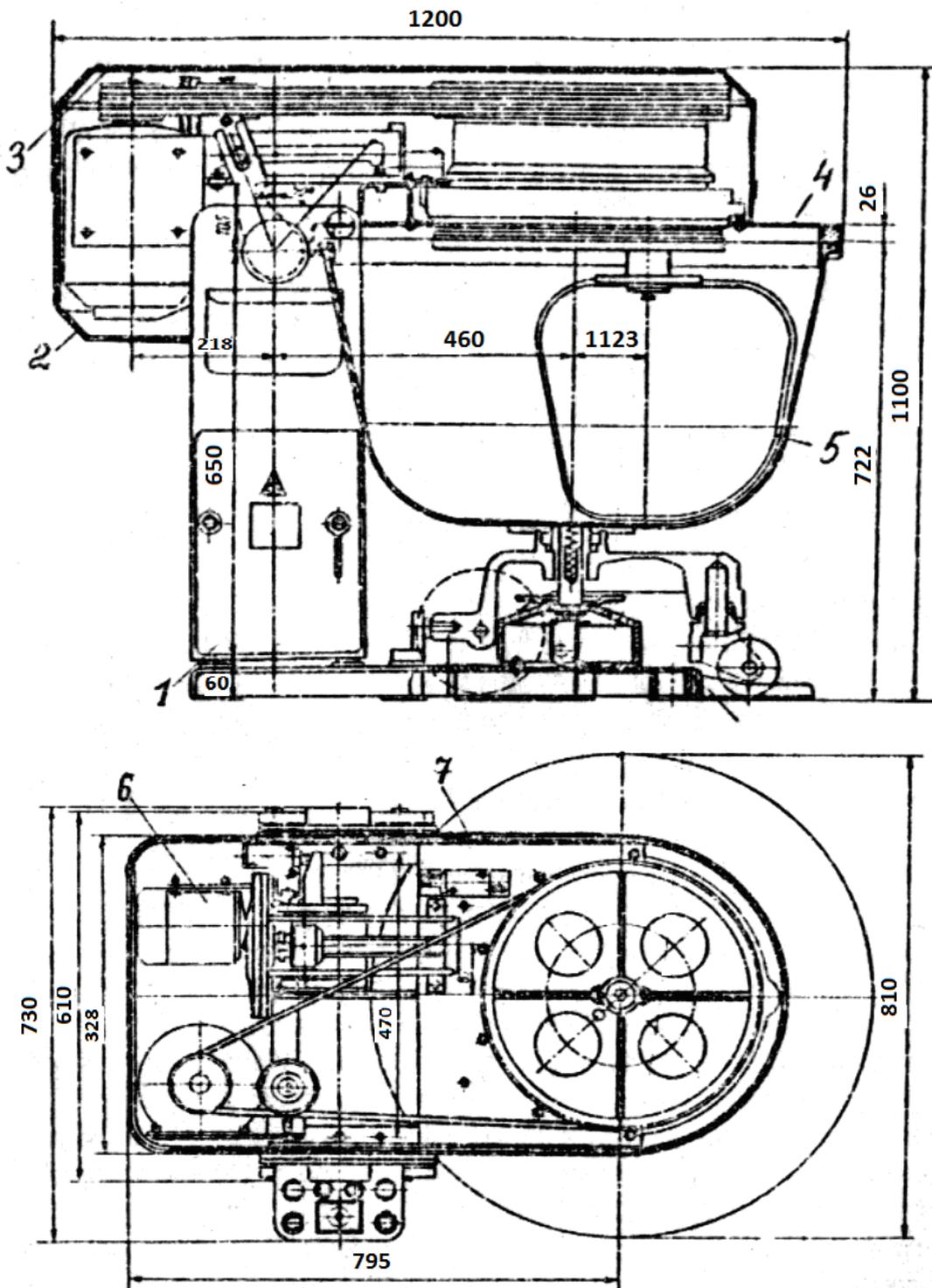


Рис. 8. Общий вид тестомесильной машины А2-ХТМ:
 1 – станина; 2 – поддон; 3 – ограждение; 4 – крышка;
 5 – месильный орган; 6 – привод месильного органа; 7 – траверса

Техническая характеристика тестомесильных машин с подкатными дежами приведена в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	Тестомесильная машина		
	ТММ-1М	А2-ХТБ	А2-ХТМ
Производительность, т/сут	7	19	10
Вместимость дежи, м ³	0,14	0,33	0,14
Продолжительность замеса, с	800	600	600
Число качаний месильного органа в минуту	26,75	–	–
Частота вращения месильного органа вокруг своей оси, с ⁻¹ (об/мин)	–	1 (60)	1 (60)
Установленная мощность электродвигателя, кВт	2,2	6,25	1,87
Габаритные размеры, мм:			
длина	1325	1800	1200
ширина	795	1100	850
высота	1110	1250	1100
Габаритные размеры дежи, мм:			
диаметр	795	1062	795
высота	722	888	722
Частота вращения дежи, с	0,07 (4,1)	–	–
Частота вращения месильного органа вокруг оси дежи, с ⁻¹ (об/мин)	–	0,26 (15,6)	0,26 (15,6)
Масса машины, кг	293	810	342
Масса дежи, кг	65	116	65

Тестомесильные машины со стационарными дежами

Тестомесильная машина ТММ-120

Машина ТММ-120 (рис. 9) состоит из станины, короба 6, привода и механизма опрокидывания 12. Станина состоит из плиты 1 и двух боковин 3, стянутых стяжками 5. На плите установлен привод машины, который состоит из электродвигателя 4 и червячного редуктора 2.

Короб представляет собой стационарную дежу 16 с двойными стенами, между которыми циркулирует горячая вода. Подача и слив ее осуществляются через штуцера 7 и 15. Тепловой режим поддержи-

вается путем регулирования количества и температуры подаваемой воды. В коробе на горизонтальном валу укреплены четыре П-образные лопасти 11, расположенные относительно друг друга под углом 90°.

Механизм опрокидывания состоит из червяка 13, червячного сектора 10 и рукоятки 14.

Процесс замеса теста осуществляется вращающимися в коробе месильными лопастями 11. По окончании замеса машину останавливают, рукояткой механизма опрокидывания наклоняют короб и выгружают готовое тесто. После выгрузки вращением рукоятки короб возвращают в исходное положение. Наблюдение за процессом замеса теста ведется через загрузочную воронку 9 крышки 8.

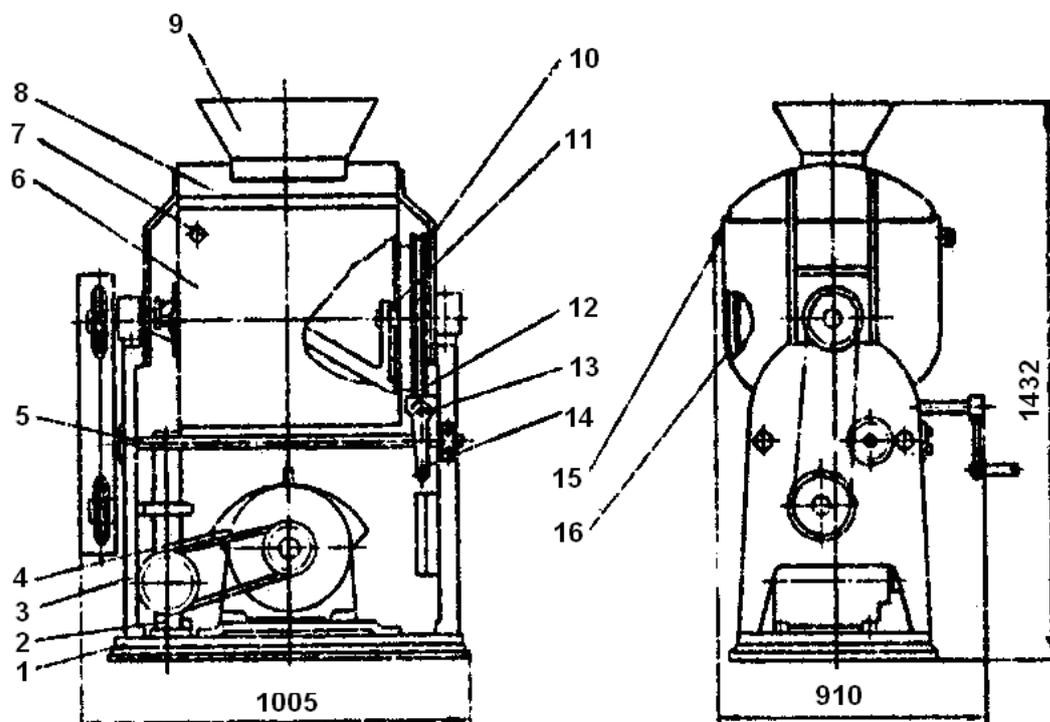


Рис. 9. Общий вид тестомесильной машины ТММ-120:

- 1 – плита; 2 – червячный редуктор; 3 – боковины; 4 – электродвигатель; 5 – стяжки; 6 – короб; 7, 15 – штуцера; 8 – крышка; 9 – воронка; 10 – червячный сектор; 11 – месильные лопасти; 12 – механизм опрокидывания; 13 – червяк; 14 – рукоятка; 16 – стационарная дежа

Тестомесильная машина ТММ-120 со стационарной дежой, неподвижной при замесе, предназначена для приготовления сахарных сортов теста в хлебопекарных и кондитерских цехах малой мощности.

Кинематическая принципиальная схема тестомесильной машины ТММ-120 представлена на рис. 10.

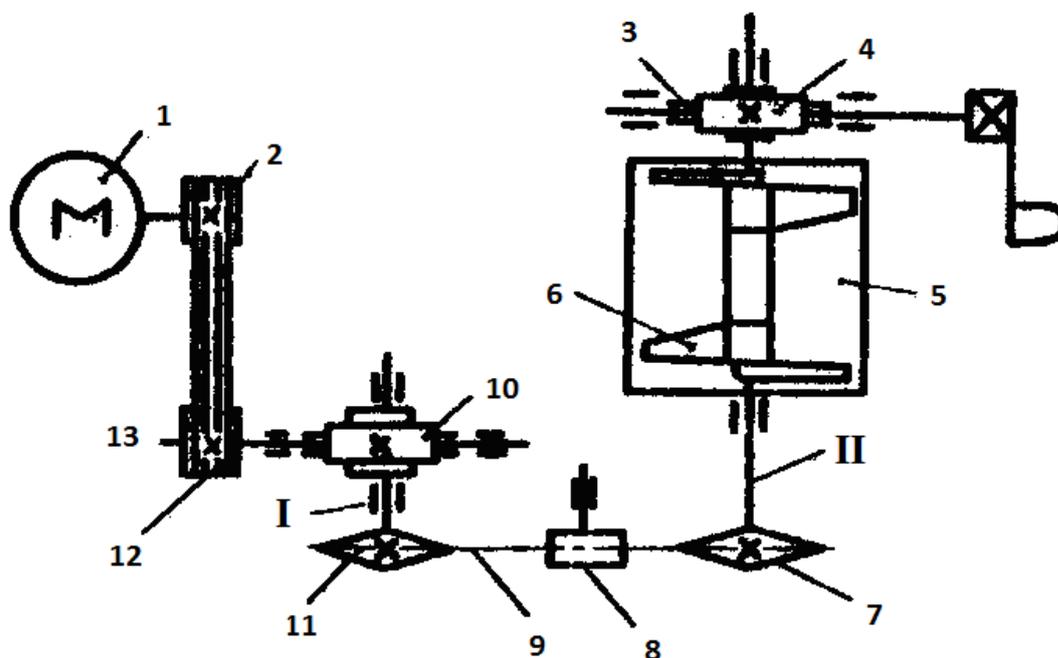


Рис. 10. Кинематическая принципиальная схема тестомесильной машины ТММ-120:

I – вал механизма; II – вал привода лопастей;
 1 – электродвигатель; 2, 12 – шкивы клиноременной передачи;
 3 – червячный сектор; 4 – червяк; 5 – короб; 6 – лопасти; 7, 11 – звездочки;
 8 – натяжной ролик; 9 – цепь; 10 – червячная передача; 13 – клиновой ремень

Тестомесильная машина РЗ-ХТИ-3

Машина РЗ-ХТИ-3 (рис. 11) состоит из каркаса, приводов 1 и 9 рабочего органа, стационарной дежи 13 и привода 4 ее поворота.

Каркас состоит из основания 10 и двух стоек (левой 2 и правой 8) и предназначен для установки и сборки всех сборочных единиц. В верхней части каркаса крепится держатель 11, который состоит из промежуточного каркаса, кронштейна и крышки 12. На крышке имеются воронки для загрузки муки и два патрубка для подачи жидких компонентов в дежу 13.

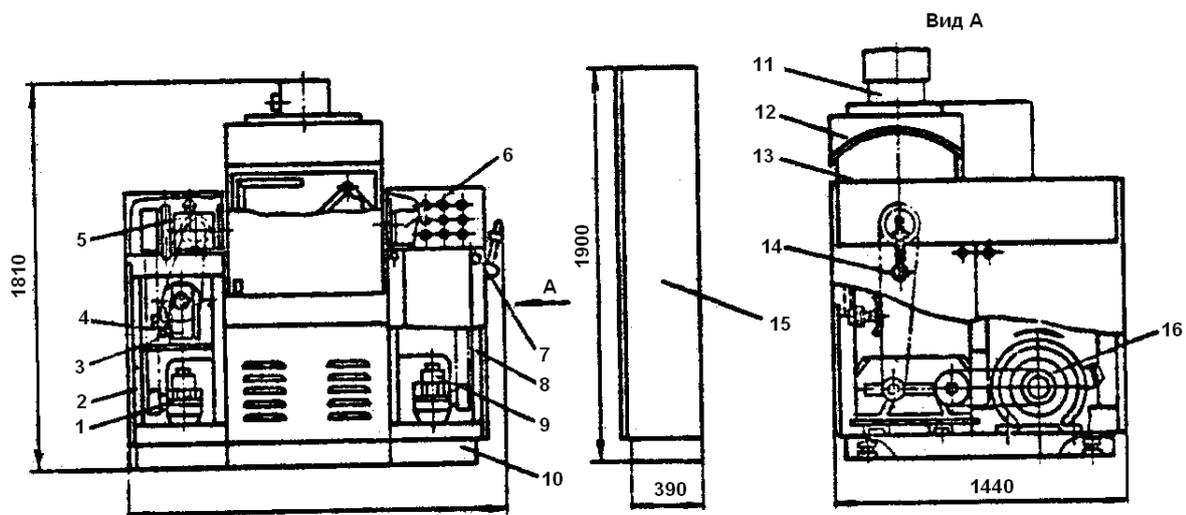


Рис. 11. Общий вид тестомесильной машины РЗ-ХТИ-3:

- 1, 9 – приводы рабочего органа; 2 – левая стойка; 3 – цепная передача;
 4 – привод; 5 – левая опора; 6 – правая опора; 7 – блок управления;
 8 – правая стойка; 10 – основание; 11 – держатель; 12 – крышка;
 13 – дежа; 14 – фиксатор; 15 – щит управления; 16 – электродвигатель

Стационарная дежа машины представляет собой сварной резервуар с полуцилиндрическим дном, выполненный из нержавеющей стали. К боковинам дежи крепятся левая 5 и правая 6 опоры, которые, в свою очередь, устанавливаются на верхних площадках стоек. Опоры представляют собой подшипник скольжения, к которому прикреплена поворотная звездочка. Внутри подшипника проходит шлицевый вал, на котором устанавливается приводная звездочка и закрепляется рабочий орган. В процессе замеса рабочий орган, состоящий из двух двуплечих крестовин и соединяющей их штанги, вращается и заставляет перемещаться перерабатываемую массу внутри дежи в разных направлениях, что позволяет получить однородную смесь с достаточной ее проработкой.

Привод крестовин рабочего органа дифференцированный и осуществляется от трехскоростного электродвигателя 16 через клиноременную передачу, цилиндрический редуктор и цепную передачу 3.

Для выгрузки готового теста дежа 13 с помощью привода 4 поворачивается вокруг горизонтальной оси на угол 120° . Для защиты привода от динамических нагрузок, возникающих в процессе замеса, месильная емкость закрепляется строго в вертикальном положении фиксатором 14.

Управление работой машины осуществляется с отдельно стоящего щита управления 15 и блока управления 7, встроенного в правую стойку корпуса машины. На панели шкафа щита управления монтируется блок реле времени, позволяющий программировать время замеса. Максимально возможное время замеса – 12 мин.

Тестомесильная машина РЗ-ХТИ-3 со стационарной, неподвижной дежой предназначена для интенсивного замеса различных видов ржано-пшеничного и пшеничного теста, а также может осуществлять замес теста для бараночных изделий. Машина позволяет проводить замес по заранее заданной программе в зависимости от хлебопекарных свойств муки. Она устанавливается в агрегатах для приготовления теста ускоренным способом, а также может работать автономно.

Кинематическая принципиальная схема тестомесильной машины РЗ-ХТИ-3 представлена на рис.12.

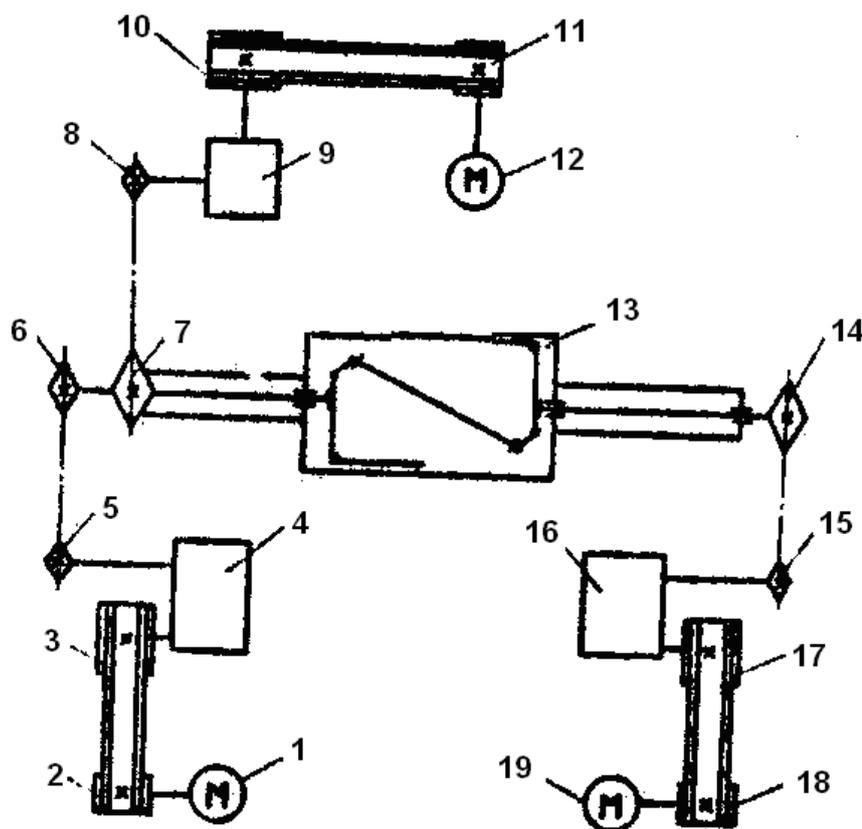


Рис. 12. Кинематическая принципиальная схема тестомесильной машины РЗ-ХТИ-3:

1, 12, 19 – электродвигатели; 2, 3, 10, 11, 17, 18 – шкивы клиноременных передач; 4, 9, 16 – редукторы; 5, 6, 7, 8, 14, 15 – звездочки; 13 – рабочий орган

Тестомесильная машина Т2-М-63

Машина Т2-М-63 (рис. 13) состоит из станины 1, стационарной дежи 2, переднего 3 и заднего 4 валов с месильными лопастями, крышки 5 с загрузочным окном, механизма поворота дежи 6, приводного устройства 7 и двух электродвигателей.

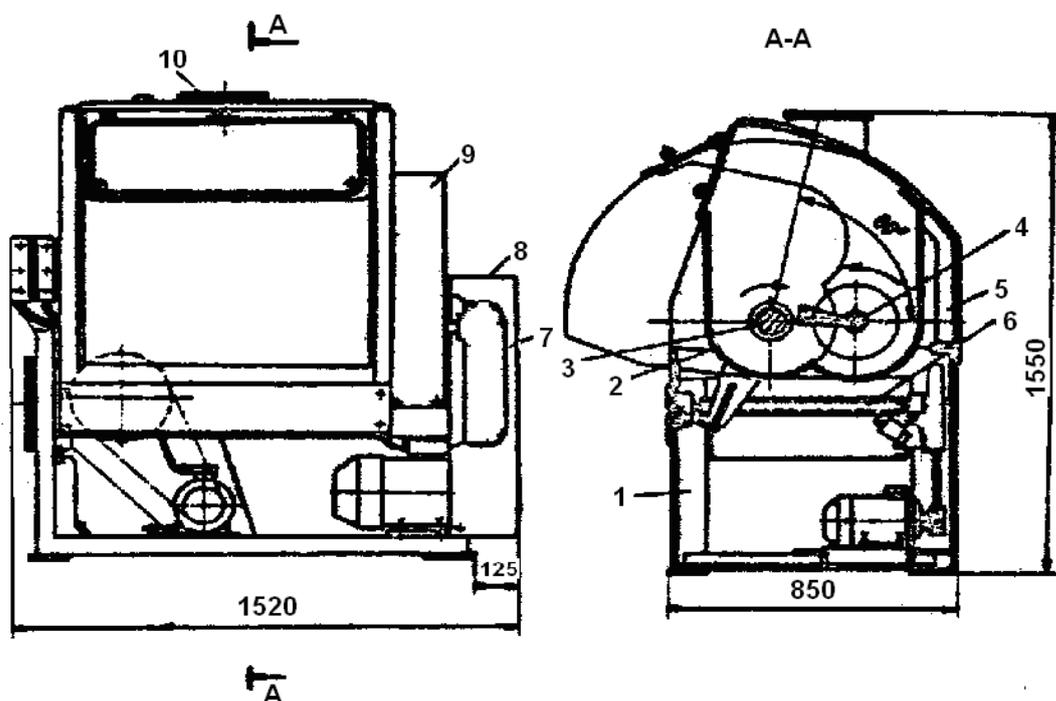


Рис. 13. Общий вид тестомесильной машины Т2-М-63:
1 – станина; 2 – стационарная дежа; 3 – передний вал; 4 – задний вал;
5 – крышка; 6 – механизм поворота дежи; 7 – приводное устройство;
8, 9 – ограждения; 10 – горловина

Опасные места закрыты ограждениями 8, 9. Все электрооборудование смонтировано в специальном шкафу.

Передний и задний валы устанавливаются в рабочее положение через большие отверстия в деже, закрытые корпусами подшипников. Корыто крепится к станине посредством корпусов подшипников переднего вала и четырех болтов.

Месильные лопасти располагаются параллельно в горизонтальной плоскости.

Подача муки и жидких компонентов производится через горловину 10 при вращающихся месильных лопастях. Машина работает по принципу натирания массы между двумя вращающимися лопастями

и стенками дежи. После окончания замеса выключается электродвигатель привода лопастей и включается электродвигатель механизма поворота дежи.

Выгрузка теста осуществляется через разгрузочный люк, закрываемый откидной крышкой.

Тестомесильная машина Т2-М-63 со стационарной, неподвижной при замесе дежой предназначена для замеса теста крепкой консистенции (бараночного) и для мучных кондитерских изделий. Применяется на предприятиях хлебопекарной и кондитерской промышленности.

Кинематическая принципиальная схема тестомесильной машины Т2-М-63 представлена на рис. 14.

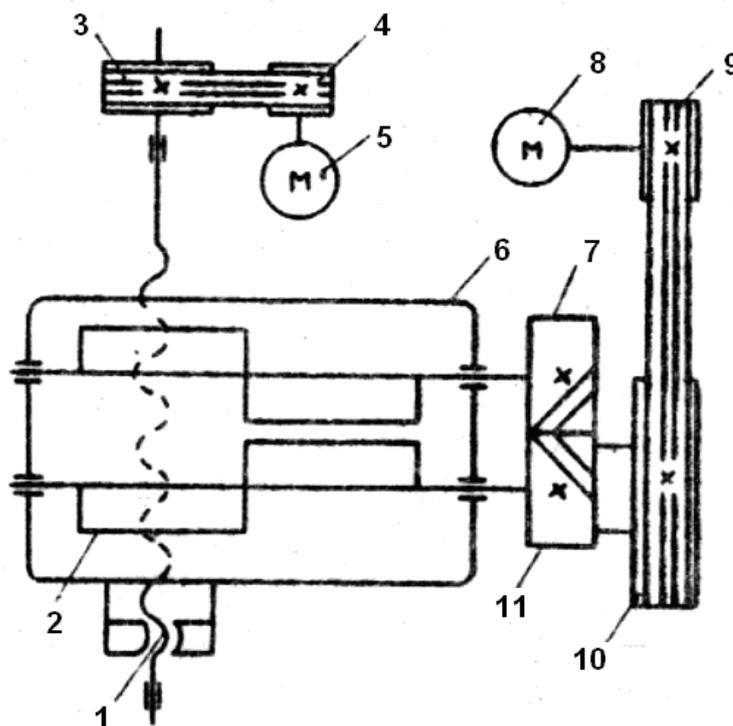


Рис. 14. Кинематическая принципиальная схема тестомесильной машины Т2-М-63:

- 1 – механизм опрокидывания дежи; 2 – рабочие органы;
 3, 4, 9, 10 – шкивы клиноременных передач; 5 – электродвигатель привода механизма опрокидывания; 6 – дежа; 7, 11 – зубчатые колеса;
 8 – электродвигатель привода лопастей

Техническая характеристика тестомесильных машин со стационарными дежами приведена в табл. 2.

Таблица 2

Показатель	Тестомесильная машина		
	ТММ-120	РЗ-ХТИ-3	Т2-М-63
Производительность, т/сут	6	28	21
Вместимость дежи, м ³	0,12	0,35	0,38
Число месильных валов	1	1	2
Количество сырья на один замес, кг	68	150	150
Частота вращения месильных валов, с ⁻¹ (об/мин)	0,26 (15,5)	1,1; 1,5; 2 (60, 90, 120)	0,63 (38)
Установленная мощность электродвигателя, кВт	3,0	21,1	5,5
Габаритные размеры, мм:			
длина	1005	1860	1400
ширина	910	1440	850
высота	1432	1670	1550
Масса машины, кг	482	2300	720

6. Основы расчета тестомесильных машин периодического действия

Расчет тестомесильных машин периодического действия выполняется при создании новой конструкции либо при уточнении технических данных существующей машины, подвергшейся реконструкции с целью совершенствования ее рабочего процесса. При создании новой машины расчет начинается с обоснования выбора единичной мощности (производительности). Затем определяется вместимость дежи, далее производится расчет баланса энергозатрат, расчет мощности, требуемой для привода тестомесильной машины, подбор электродвигателя и редуктора. После этого выполняются прочностные расчеты, которые здесь не рассматриваются, так как порядок их выполнения является общим для всех машин. На основании расчета энергозатрат дается оценка мероприятий по совершенствованию рабочего процесса тестомесильной машины.

Производительность тестомесильной машины выбирается из расчета обеспечения тестом разделочных линий и печей в соответствии с параметрическими рядами технологического оборудования хлебозаводов. Для хлебопекарных печей параметрическим рядом установлены следующие рабочие площади пода: 10, 16, 25, 50, 60, 100 и 125 м². Для обеспечения производительности указанного ряда необходимо иметь 2–3 типоразмера машин.

Производительность тестомесильной машины определяется по формуле, кг/ч,

$$\Pi_M = \Pi_{\text{п}} \frac{100 + y}{100} K_0, \quad (1)$$

где $\Pi_{\text{п}}$ – производительность печи по горячему хлебу, кг/ч; y – упек к горячему хлебу, %; K_0 – коэффициент, учитывающий возможные остановки на регулировку и очистку, $K_0 = 1,2 \dots 1,3$.

Затем определяется вместимость дежи по формуле, м³,

$$V_g = \frac{\Pi_M (\tau + \tau_{\text{в}})}{3600 \rho K_1}, \quad (2)$$

где τ – длительность замеса теста, с; $\tau_{\text{в}}$ – длительность вспомогательных операций, с; ρ – плотность теста, кг/м³; K_1 – коэффициент заполнения месильной камеры, $K_1 = 0,4 \dots 0,5$.

При выполнении проверочного расчета производительность тестомесильной машины по известной вместимости дежи определяют по формуле, кг/ч,

$$\Pi_M = \frac{3600 V_g \rho K_0}{\tau + \tau_{\text{в}}}. \quad (3)$$

Далее составляется баланс энергозатрат на рабочий процесс

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4, \quad (4)$$

где A_1 – работа, затрачиваемая на перемешивание массы, Дж; A_2 – работа, затрачиваемая на перемещение месильных лопастей, Дж; A_3 – работа, затрачиваемая на нагрев теста и соприкасающихся с ним металлических частей машины, Дж; A_4 – работа, затрачиваемая на изменение структуры теста, Дж.

Конечные формулы для определения слагаемых уравнения (4)

$$A_1 = ab\pi\rho n^2 \cos(90 - \alpha)(r_2^2 - r_1^2) \left[(1 - K)\pi^2(r_1^2 + r_2^2) + \frac{KS^2}{2} \right], \quad (5)$$

$$A_2 = \frac{2}{3} ab\delta\rho_{\text{л}}\pi^2 n^2 (r_2^3 - r_1^3), \quad (6)$$

$$A_3 = 124a\mu n \left(\frac{r_2^4 - r_1^4}{l} + 2\frac{r_2^3 b \sin \alpha}{f} \right). \quad (7)$$

Определить работу A_4 весьма затруднительно. В первом приближении ее можно вычислить из баланса энергии замеса в эксперименте. Поскольку структурные изменения в тесте зависят от интенсивности замеса, A_4 приближенно можно определить так

$$A_4 = (0,05 \dots 0,10) A_1. \quad (8)$$

Значения величин, входящих в формулы (5)–(7):

r_1, r_2 – малый и большой радиусы месильной лопасти, м;

a – число месильных лопастей;

b – высота месильной лопасти, м;

δ – толщина месильной лопасти, м;

α – угол атаки месильной лопасти, град.;

h – вертикальная проекция месильной лопасти, м;

S – шаг месильных лопастей, м;

n – частота вращения месильной лопасти, с^{-1} ;

μ – средняя вязкость теста, Па·с;

f – зазор между торцом месильной лопасти и корпусом, м;

l – зазор между нижней кромкой месильной лопасти и корпусом, м;

K – коэффициент подачи теста, равный 0,5;

$\rho_{\text{л}}$ – плотность материала месильной лопасти, кг/м^3 ;

ρ – плотность теста, кг/м^3 .

Далее определяется мощность электродвигателя привода тестомесильной машины по формуле, Вт,

$$N_9 = \frac{A n}{\eta_1 \eta_2}, \quad (9)$$

где η_1 – КПД основных механизмов тестомесильной машины; η_2 – КПД промежуточных механизмов привода (вариатора, редуктора), при их отсутствии $\eta_2 = 1$.

В зависимости от величины N_3 по каталогу подбирается приводной электродвигатель. Допускать увеличение мощности свыше 20 % по сравнению с расчетной не следует, так как при этом значительно снижается КПД электродвигателя.

Одним из основных показателей качества замеса теста является удельная работа замеса, определяемая по формулам, Дж/г,

$$A_{\text{уд}} = \frac{A n \tau}{m_{\text{T}}} \quad (10)$$

или

$$A_{\text{уд}} = \frac{N_3 \eta_1 \eta_2 \tau}{m_{\text{T}}}, \quad (11)$$

где m_{T} – масса замешиваемого теста, г.

7. Содержание и порядок оформления отчета о работе

Отчет должен содержать (согласно заданию преподавателя):

- описание конструкции и принципа действия одной из тестомесильных машин, имеющих в лаборатории кафедры;
- кинематическую схему тестомесильной машины;
- расчет тестомесильной 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. Антипов С.Т. и др. Машины и аппараты пищевых производств. – М.: Высш. шк., 2001. – 704 с.
2. Хромеев В.А. Оборудование хлебопекарного производства. – М.: Академия, 2000. – 320 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ТЕСТОМЕСИЛЬНЫЕ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

1. Цель работы

Целью работы является краткое знакомство с процессом тесто-приготовления и классификацией тестомесильных машин непрерывного действия, изучение некоторых конструкций тестомесильных машин непрерывного действия, применяемых в хлебопекарной промышленности, приобретение навыков расчета тестомесильных машин и составления их кинематических принципиальных схем.

2. Порядок выполнения работы

При подготовке к лабораторной работе студент должен изучить настоящие методические указания и рекомендуемую литературу. Затем студент приступает к разборке, изучению и проведению необходимых измерений одной из тестомесильных машин, имеющихся в лаборатории кафедры (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 тестомесильной машины, а также на проведение необходимых расчетов – 2 ч;
- на оформление и сдачу отчета – 1 ч.

3. Некоторые теоретические сведения о процессе замеса теста

Замес теста осуществляется в рабочей камере тестомесильной машины в течение 0,5–4,0 мин в результате тщательного перемешивания компонентов и механической его проработки, существенно

влияющей на структуру и свойства теста, интенсивность его созревания и качество готового продукта.

Процесс замеса пшеничного теста существенно отличается от замеса ржаного теста и является более сложным. В пшеничном тесте образуется губчатый упругий клейковинный каркас, тесто становится эластичным и упругим. Для ржаного теста характерны: пластичность, высокая вязкость, слабая упругость и растяжимость. При замесе теста механическая проработка наиболее существенно влияет на качество пшеничного теста. В результате замеса образуется однородная упругопластичная капиллярно-пористая масса, содержащая муку, воду, дрожжи и прочие компоненты; в ней активно протекают физические, коллоидные, микробиологические и ферментативные процессы.

Для анализа и постадийного обоснования рабочих параметров следует рассмотреть физическую модель процесса, предложенную Х.Д. Чейтнером с сотрудниками (рис. 1).

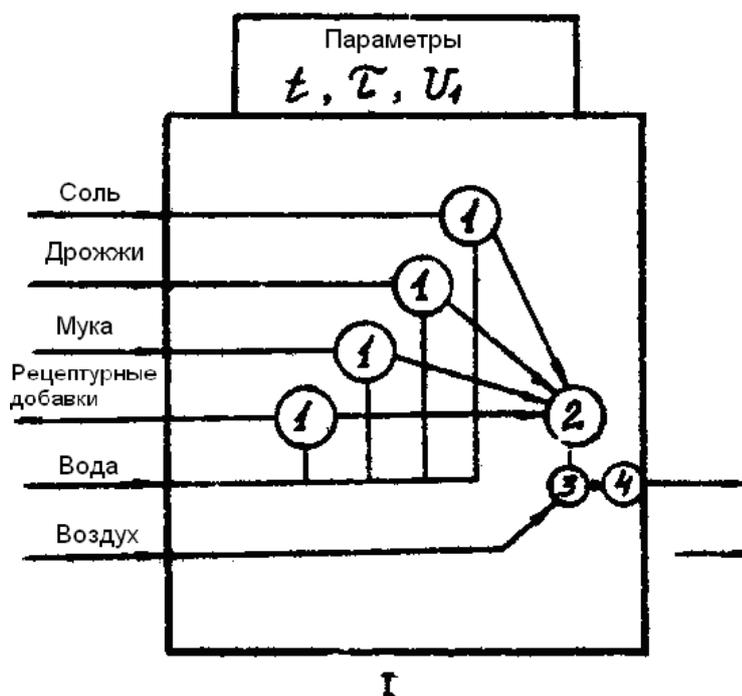


Рис. 1. Трехстадийная модель замеса теста:
I – предварительное смешивание

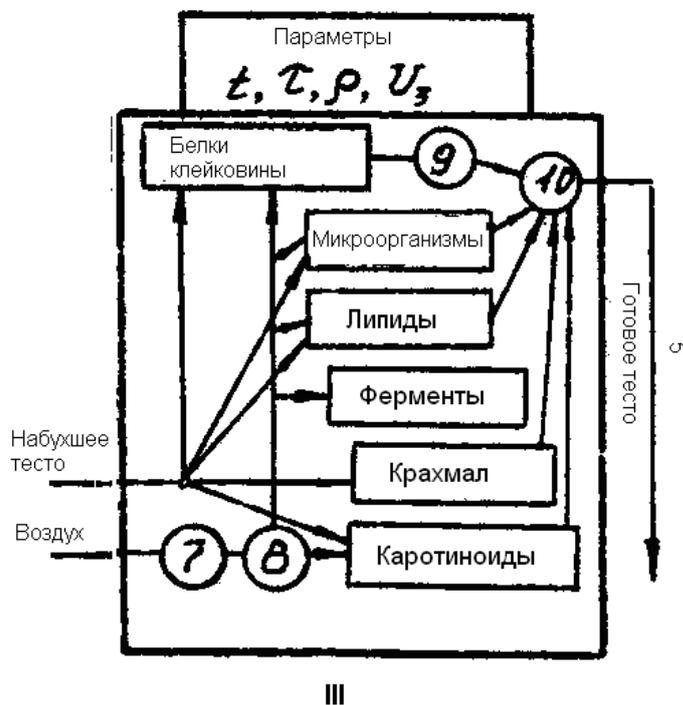
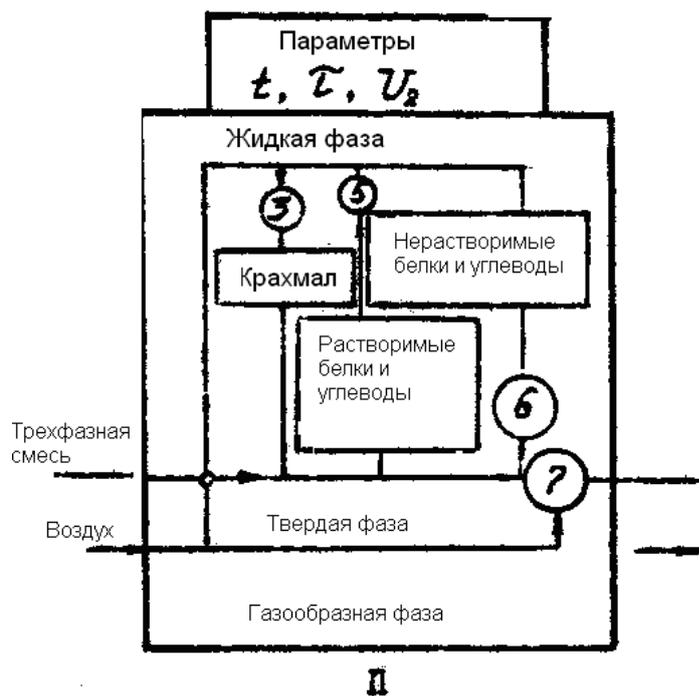


Рис. 1. Трехстадийная модель замеса теста (продолжение):

II – собственно замес; III – пластификация;

1 – увлажнение; 2 – аэрация; 3 – сорбция; 4 – диспергирование; 5 – растворение;
6 – набухание; 7 – окклюзия; 8 – окисление; 9 – образование межмолекулярных
связей; 10 – структурообразование

Первая стадия – смешивание компонентов – завершается образованием трехфазной смеси с высокой равномерностью распределения компонентов замеса. Здесь происходит увлажнение сухих компонентов, их диспергирование, аэрация, сорбция влаги поверхностью частиц. Эта стадия должна проводиться как можно быстрее, чтобы достичь равномерного смещения компонентов с минимальной затратой энергии. При медленном же перемешивании одновременно будет происходить набухание частиц муки с образованием комочков и повышением когезии, затрудняющих дальнейшее равномерное распределение компонентов.

Вторая стадия – собственно замес – характеризуется выравниванием влагосодержания, диффузией влаги внутрь частиц муки, набуханием белков и переходом в раствор водорастворимых компонентов муки. Здесь заметно возрастает усилие сдвига массы и, следовательно, потребление энергии на привод месильной машины. При набухании большую часть влаги забирают белковые вещества – глиадин и глютеин (имеющие водопоглотительную способность около 20 %), альбумин и глобулин (могут набухать неограниченно). Набухшие белки образуют гидрогель. Водопоглощение крахмала муки достигает 40 %, однако скорость поглощения влаги крахмалом выше, чем белками. Вязкость массы теста увеличивается при добавлении окислителей. На скорость течения второй стадии замеса оказывают влияние свойства муки, степень измельчения крахмальных зерен, температура и рецептурные добавки, вносимые в тесто. При поглощении влаги белки пшеничной муки сильно увеличиваются в объеме, образуя клейковинный каркас, скрепляющий набухшие зерна и нерастворимые частицы муки. Вторая стадия замеса не требует энергичной механической проработки массы.

Третья стадия – пластификация – сопровождается структурными изменениями крахмальных зерен и образованием клейковинной решетки, связывающей крахмальные зерна. При этом они частично измельчаются и обволакиваются белковыми пленками, которые также претерпевают структурные изменения. Благодаря образованию межмолекулярных соединений появляются молекулы-гиганты молекулярной массой около 10^5 . Такие структурированные пленки создают хороший газодерживающий каркас теста.

Третья стадия требует усиленного механического воздействия. При этом изменяются структурно-механические свойства клейкови-

ны, происходит ее измельчение и выравнивание теста, что в дальнейшем при брожении способствует образованию равномерной мелкой пористости.

В зависимости от конструкции тестомесильной машины, температуры замеса t и интенсивности воздействия на тесто U длительность отдельных стадий процесса τ может изменяться в широких пределах, а также совмещаться во времени, что и происходит в тестомесильных машинах непрерывного действия.

Замес в конечном итоге должен обеспечивать равномерное перемешивание всех компонентов, получение теста с определенными свойствами и создание предпосылок для обеспечения оптимальных условий последующих этапов технологического процесса: брожения, деления, формования, расстойки и выпечки.

4. Классификация тестомесильных машин непрерывного действия

По роду работы тестомесильные машины подразделяются на машины непрерывного действия и машины периодического (дискретного) действия. Во-первых все стадии замеса едины во времени, но разделены в пространстве, во-вторых – наоборот.

В зависимости от интенсивности воздействия рабочего органа на обрабатываемую массу тестомесильные машины делятся на тихоходные (удельный расход энергии на замес 5–12 Дж/г), быстроходные или интенсивные (удельный расход энергии 15–30 Дж/г) и суперинтенсивные (удельный расход энергии до 45 Дж/г). В последних наблюдается существенный нагрев теста при замесе (до 20°C), следовательно, в этом случае требуется устройство водяного охлаждения месильной камеры.

Величина удельной работы на замес является ориентировочной и не имеет строго разделенного ряда, поскольку может на одной и той же машине изменяться в зависимости от режима ее работы, т. е. от длительности замеса, определяемой, в частности, качеством муки.

В зависимости от конструкции рабочих органов тестомесильных машин непрерывного действия последние подразделяются на машины с лопастными и комбинированными рабочими органами.

По количеству конструктивно выделенных месильных камер, обеспечивающих необходимые параметры на разных стадиях замеса,

тестомесильные машины непрерывного действия подразделяются на одно- и двухкамерные.

В зависимости от применяемой системы управления непрерывно действующие тестомесильные машины бывают с ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением.

На рис. 2 приведены основные принципиальные схемы тестомесильных машин непрерывного действия. Следует отметить, что тестомесильные машины непрерывного действия целесообразно применять в поточных технологических линиях при обработке одного или двух изделий. При выработке же на линии широкого ассортимента хлебобулочных изделий более целесообразным представляется применение тестомесильных машин периодического (дискретного) действия, так как они легче, чем машины непрерывного действия, обеспечивают переход от одного сорта изделий к другому.

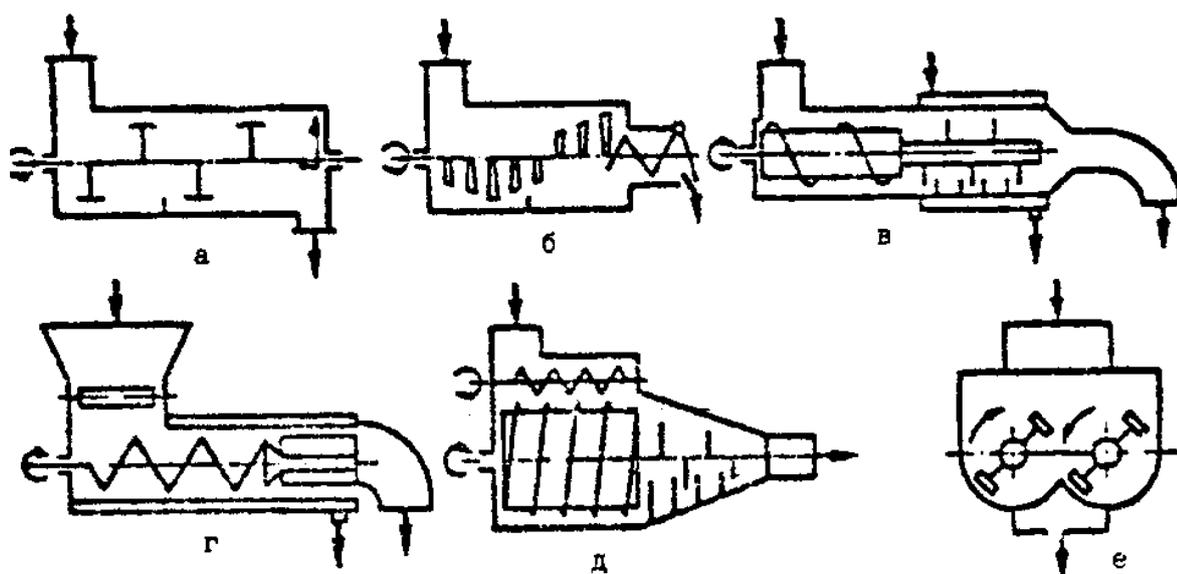


Рис. 2. Принципиальные схемы тестомесильных машин непрерывного действия: а – однокамерные или двухкамерные с горизонтальным валом и *T*-образными месильными лопастями, на выходе может быть шнек; б – одновальные с горизонтальным валом, трапецидальными лопастями и пластифицирующим шнеком; в – одновальные со смесительным шнеком и радиальными штифтами на валу и в корпусе месильной камеры; г – одновальные или двухвальные с лопастными или валковым пластификатором; д – одновальные с цилиндрическим шнеком, конической месильной камерой и прямоугольными месильными и тормозными лопастями; е – с двумя месильными залами и *T*-образными месильными лопастями

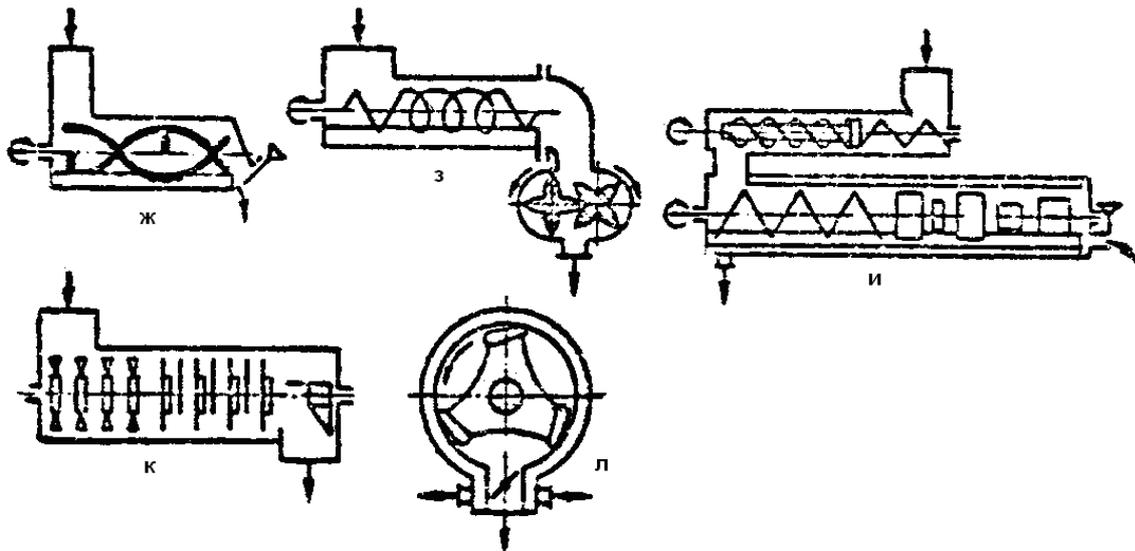


Рис. 2. Принципиальные схемы тестомесильных машин непрерывного действия (продолжение):

ж – с двумя валами и ленточными спиральными месильными лопастями;
 з – с двумя комбинированными месильными органами и отдельной камерой пластификации, оборудованной четырехгранными валками; и – двухкамерные со спаренными смешивающими участками, на месильных валах которых применены специальные кулаки; к – одновальные с горизонтальным валом, на котором в первой части размещены винтовые крыльчатки, а во второй – плоские диски, в промежутках между ними установлены неподвижные перегородки; л – суперинтенсивные машины с трехлопастным ротором

5. Некоторые конструкции тестомесильных машин непрерывного действия

В настоящем разделе приводятся описание конструкций и техническая характеристика тестомесильных машин непрерывного действия, эксплуатирующихся в настоящее время на хлебопекарных предприятиях страны.

Тестомесильная машина Х-12Д

Наиболее совершенной из тестомесильных машин марки Х-12 является машина Х-12Д. Ее основное отличие от машин предшествующих поколений – замена нестабильных в работе дозирующих устройств (например, с качающимися кранами) на дозирочные станции непрерывного действия ВНИИХП-0-6, которыми машина Х-12Д комплектуется. В остальном же конструкция машины Х-12Д по сравнению с предшествующими моделями существенных изменений не претерпела.

Тестомесильная машина Х-12Д относится к тихоходным лопастным однокамерным машинам. Она состоит (рис. 3) из полуцилиндрической месильной емкости 5, в центре которой расположен месильный вал 4 с лопастями 3. Сверху месильная емкость закрывается откидной крышкой. Мука подается в машину через прямоугольный патрубок 1, оборудованный двумя емкостными датчиками уровня 7. Дозируется мука роторным питателем, приводимым в движение от главного вала кривошипно-шатунным механизмом 10, и клиновым фрикционным храповиком 9. Над питателем установлен ворошитель 8, совершающий качательное движение через систему рычагов. Датчиком наблюдения за работой дозатора муки служит окно 2. Выходит тесто из машины через патрубок 6. Привод машины осуществляется от электродвигателя 13 через редуктор 12 и зубчатую передачу 11.

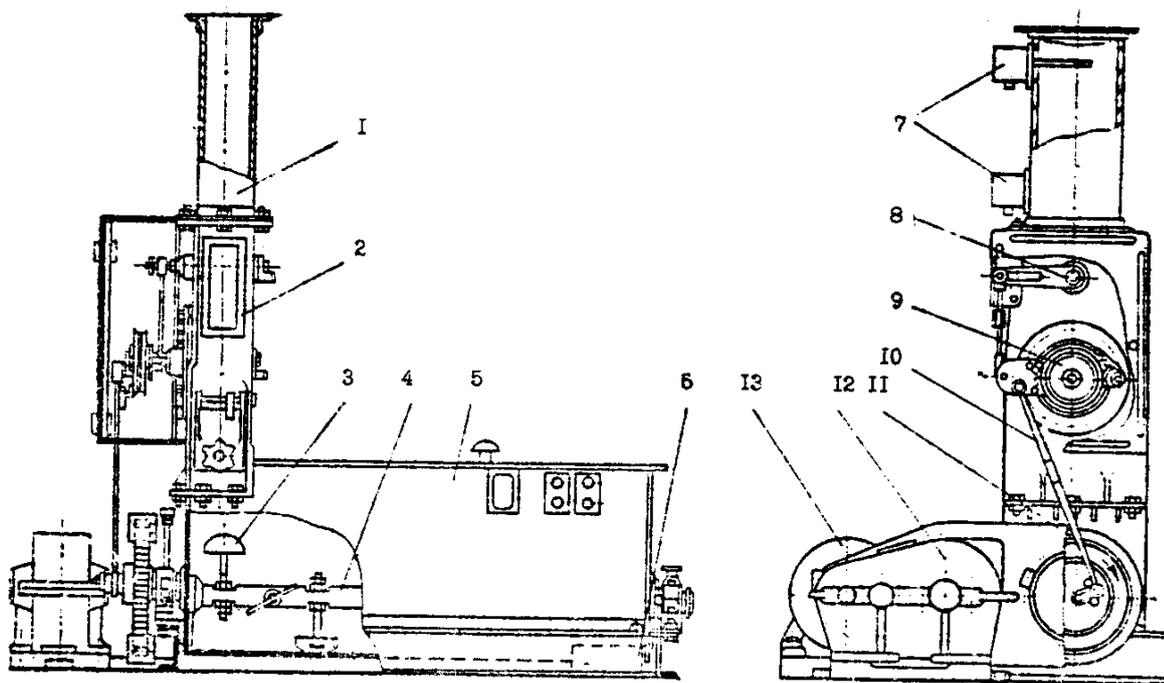


Рис. 3. Общий вид тестомесильной машины Х-12Д:

- 1 – патрубок; 2 – окно; 3 – лопасти; 4 – месильный вал; 5 – месильная емкость;
 6 – патрубок; 7 – емкостные датчики уровня; 8 – ворошитель; 9 – храповик;
 10 – кривошипно-шатунный механизм; 11 – зубчатая передача; 12 – редуктор;
 13 – электродвигатель

Месильная емкость машины X-12 выполнена из нержавеющей стали и разделена внутри (примерно посередине) вертикальной перегородкой на два отделения. В первом отделении происходит образование теста, а во втором – его пластифицирование, аэрация, транспортирование к выходному патрубку.

Для продольного перемещения перемешиваемой массы месильные лопасти 3 устанавливаются под углом к горизонтальному валу, причем в зависимости от требуемого времени замеса теста и его консистенции этот угол может меняться. Для более слабого теста он принимается до 45 °, для более крепкого теста угол наклона лопастей может достигать 60 ° к валу, так как в этом случае увеличивается лобовое сопротивление среды.

Работает машина следующим образом. Все компоненты от дозаторов подаются непрерывно в переднюю часть месильной емкости, перемешиваются лопастями 3 с наклонной поверхностью и проталкиваются вперед. По мере продвижения массы до патрубка б она перемешивается и пластифицируется.

Очистка машины производится без разборки, что весьма неудобно. Недостатками машины являются также слабый промес (пластифицирование) теста, а также отсутствие устройств для регулирования частоты вращения месильного вала и тем самым длительности и интенсивности замеса.

Тестомесильная машина ТМН-70 (РМК)

Тестомесильная машина ТМН-70 (РМК) относится к тихоходным лопастным двухкамерным машинам. В сущности, эта машина представляет собой значительно усовершенствованную и конструктивно усиленную тестомесильную машину X-12Д.

Машина ТМН-70 (рис. 4) состоит из сварной станины, месильной емкости с двумя крышками, заблокированными с приводом машины, горизонтального месильного вала 2 с лопастями, шнеконасоса 3 на выходе из месильной емкости, барабанного мучного дозатора 4 с бункером для муки, дозатора жидких компонентов 5 и привода.

Месильная емкость 1 состоит из кожуха и двух торцевых стенок, изготовленных из нержавеющей стали X18H10T толщиной 3 мм. На внутренней боковой стенке емкости закреплены пять неподвижных пальцев для лучшего замеса теста. Перед выходным патрубком

месильной емкости установлена съемная вертикальная перегородка в виде сектора. Другая такая же перегородка расположена в средней части месильной емкости. К торцевым стенкам последней прикреплены кронштейны с подшипниками месильного вала.

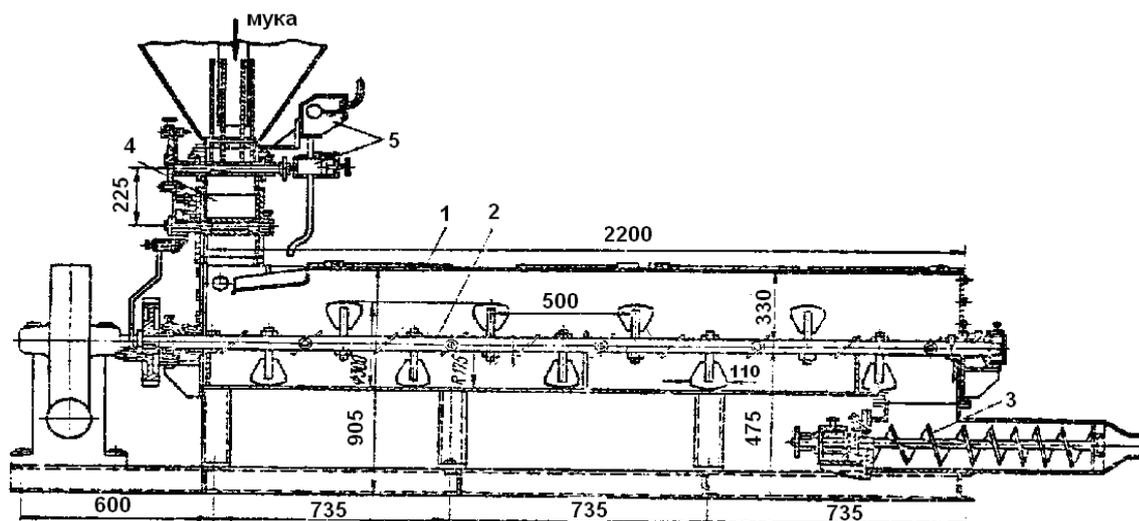


Рис. 4. Общий вид тестомесильной машины ТМН-70 (РМК):
1 – емкость; 2 – месильный вал; 3 – шнеконасос; 4, 5 – дозаторы

На месильном валу 2 по винтовой линии закреплены 19 лопастей под углом 45° к оси вала. Угол наклона можно изменять в зависимости от производительности машины. Шнеконасос предназначен для дополнительной механической обработки (пластифицирования) теста, а также для подачи его (как, впрочем, и опары) в необходимое место, например в бункер. Шнеконасос 3 с приводным валом расположен под месильной емкостью 1 и соединен с выходным патрубком емкости фланцем. Он состоит из цилиндрического корпуса с приемной воронкой и смонтированным в нем рабочим органом. На корпусе шнека имеется охлаждаемая рубашка.

Принцип действия тестомесильной машины ТМН-70 (РМК) тот же, что и машины Х-12. Основное ее преимущество по сравнению с последней заключается в более мощном приводе и, как следствие, в лучшем качестве замеса теста на всех его стадиях, особенно на заключительной – пластифицировании (благодаря также наличию шнеконасоса – пластификатора).

Тестомесильная машина И8-ХТА

Данная машина предназначена для замеса опары и теста в составе непрерывно действующих тестоприготовительных агрегатов И8-ХАГ-6(12), И8-ХТА-6(12) и др. Эта машина относится к однокамерным тестомесильным машинам с двумя параллельными валами и *T*-образными месильными лопастями, размещенными в смежных полуцилиндрических камерах так, что лопасти одного вала заходят в пространство между лопастями другого вала. Она представляет собой комплекс механизмов, обеспечивающих дозирование муки, смешивание ее с жидкими компонентами и замес опары или теста. Все механизмы расположены на общей станине.

Тестомесильная машина И8-ХТА (рис. 5) состоит из станины 7 с приводом, месильной емкости 6, дозатора муки 2, питателя муки 1 и пульта управления.

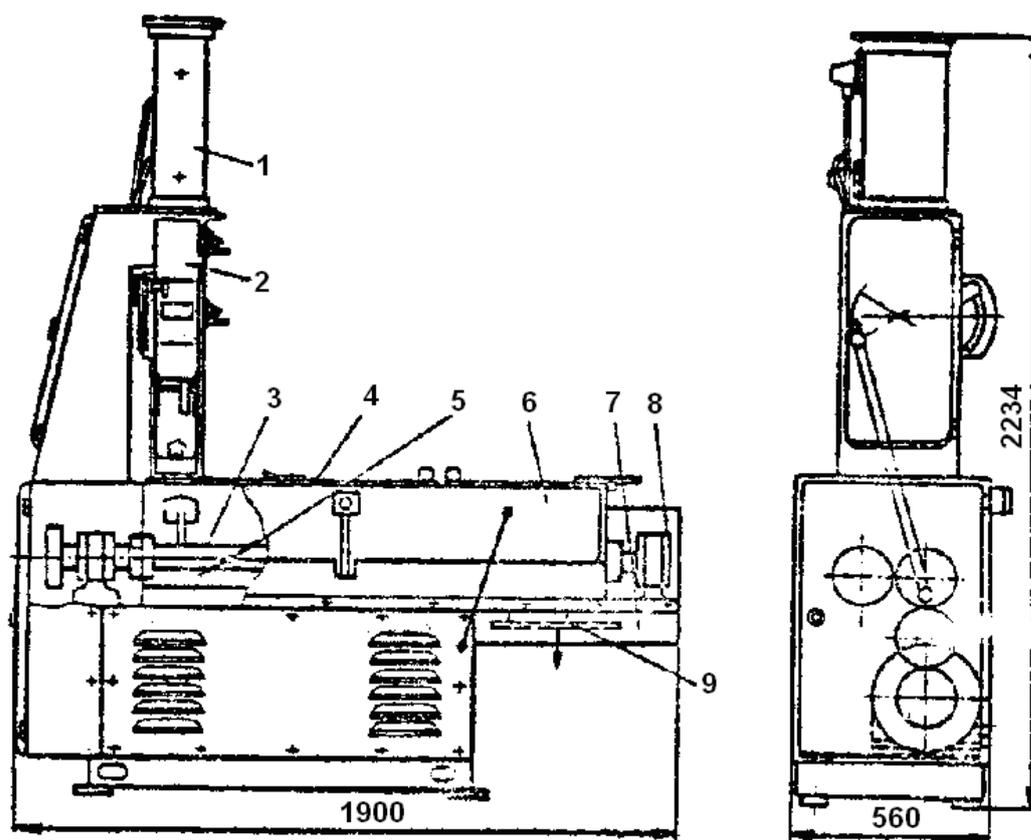


Рис. 5. Общий вид тестомесильной машины И8-ХТА:
1 – питатель муки; 2 – дозатор; 3 – валы; 4 – крышки; 5 – месильные лопасти;
6 – месильная емкость; 7 – станина; 8 – подшипники; 9 – патрубок

Станина представляет собой каркас, состоящий из верхних и нижних рам, чугунной литой боковины и двух стоек. Внутри станины расположен привод.

Месильная емкость включает в себя корпус, изготовленный из нержавеющей стали, внутри которого расположены два параллельных горизонтальных вала 3 с месильными лопастями 5 и две торцевые стенки. Валы крепятся в выносных подшипниках 8. На концах валов закреплены две прямозубые синхронизирующие шестерни, обеспечивающие вращение валов в разные стороны. К ним присоединена приводная шестерня. Внутри месильной емкости имеются перегородки; сзади – патрубок для подачи опары и жидких компонентов из дозирочной станции ВНИИХП-0-6; сверху – мучной дозатор 2 с питателем 1. Емкость закрывается двумя крышками 4 из органического стекла с электроблокирующим устройством. Выпуск теста осуществляется через патрубок 9.

Для удобства обслуживания тестомесильной машины и регулирования интенсивности замеса месильные лопасти 5 крепятся к горизонтальному валу 3 так, что можно осуществить их съем и установку необходимого угла разворота между осью вала и касательной к поверхности месильной лопасти.

На месильной емкости 6 установлен дозатор муки 2, состоящий из корпуса и расположенного внутри него вращающегося турникета, с помощью которого осуществляется непрерывное дозирование муки. Изменение объема муки, подаваемой турникетом, зависит от угла поворота храпового колеса за один оборот месильного вала 3.

Для контрольного отбора доз муки в корпусе дозатора имеется окно.

На дозаторе муки 2 крепится питатель 1, выполненный из органического стекла, который является резервуаром для запаса муки перед дозатором. Для поддержания заданного уровня муки в верхней и нижней частях питателя установлены датчики уровня, связанные с системой транспортирования муки. Во избежание залегания муки в питателе установлен механический ворошитель.

Управление работой тестомесильной машины И8-ХТА осуществляется с пульта управления.

Последняя модель машины И8-ХТА имеет в приводе мотор-редуктор с фиксированной частотой вращения (71 об/мин на выходе). Кинематическая принципиальная схема тестомесильной машины

И8-ХТА представлена на рис. 6. Она состоит из электродвигателя 1; редуктора 2; цилиндрических зубчатых колес 3, 4, 5, 6; храпового механизма привода 7; дозатора муки и ворошителя 8; роторного дозатора муки 9; месильной емкости 10; валов с месильными лопастями 11.

Работа тестомесильной машины И8-ХТА происходит следующим образом. Мука поступает в питатель I (см. рис. 5), заполняя его и корпус дозатора 2. Турникет дозатора с карманами, заполненными мукой, непрерывно поворачиваясь, подает муку в заднюю часть месильной емкости. Туда же одновременно и непрерывно подаются заданные дозы смеси жидких компонентов, а в случае замеса теста непрерывно поступает и опара. Валы 3 с месильными лопастями 5, развернутыми в направлении движения теста, вращаясь в противоположные стороны, захватывают смесь муки с жидкими компонентами и перемешивают ее, одновременно перемещая в переднюю часть месильной емкости – в направлении выпускного патрубка 9. За время перемещения происходит полный замес опары или теста до заданной консистенции.

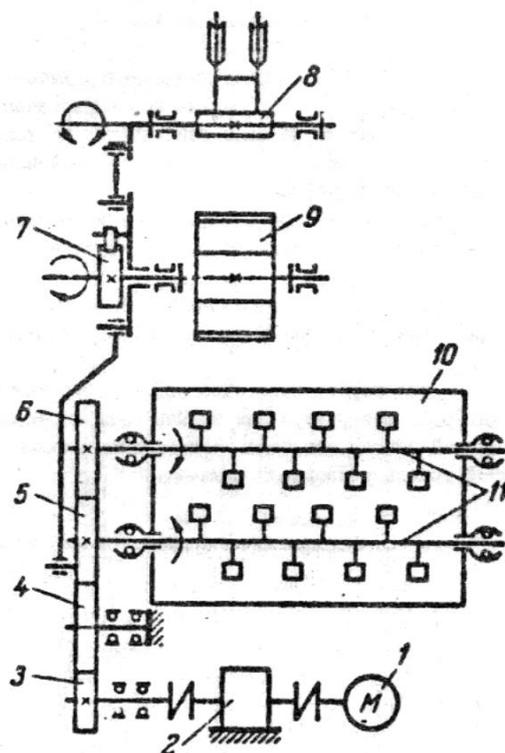


Рис. 6. Кинематическая принципиальная схема тестомесильной машины И8-ХТА:

- 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3, 4, 5, 6 – зубчатые колеса;
7 – храповой механизм привода; 8 – ворошитель; 9 – дозатор муки;
10 – месильная емкость; 11 – валы с месильными лопастями

Тестомесильная машина А2-ХТТ

Тестомесильная машина А2-ХТТ предназначена для замеса опары и теста в составе непрерывно действующих тестоприготовительных агрегатов. Она относится к одновальным тестомесильным машинам с комбинированным рабочим органом.

Тестомесильная машина А2-ХТТ (рис. 7) состоит из основания 1, блока замеса 2, дозатора муки 3, питателя муки 4, пульта управления 5 и привода 6.

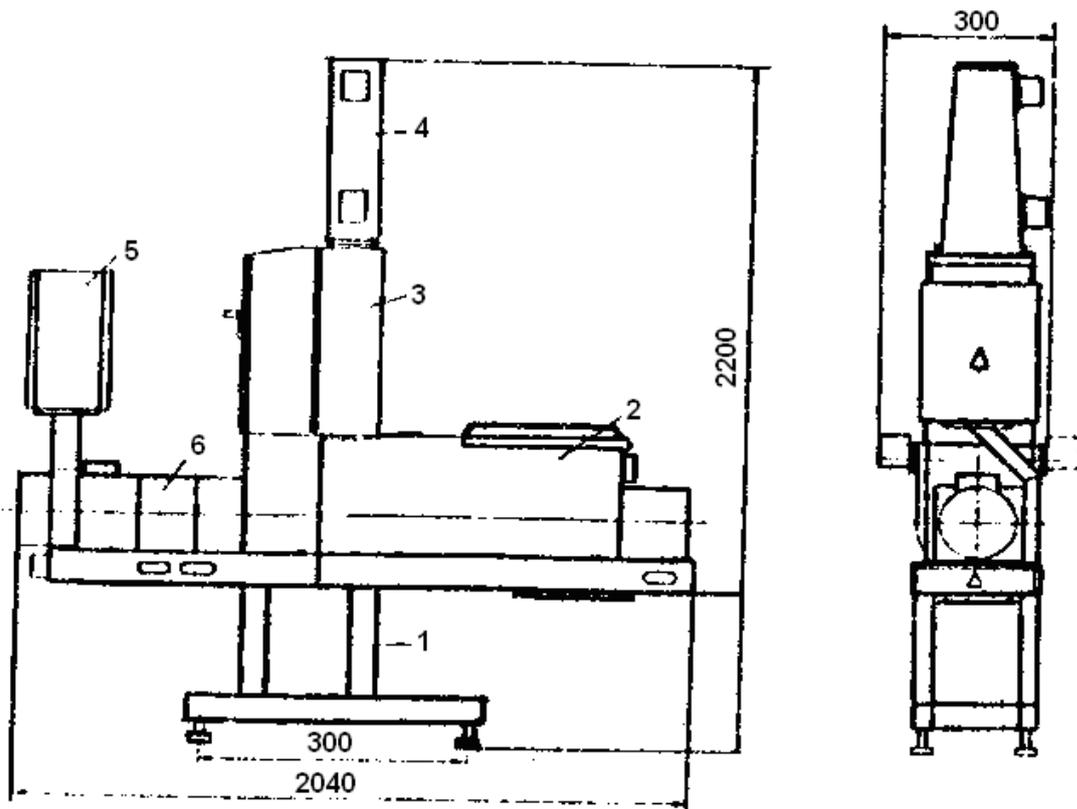


Рис. 7. Общий вид тестомесильной машины А2-ХТТ:

1 – основание; 2 – блок замеса; 3 – дозатор муки;
4 – питатель муки; 5 – пульт управления; 6 – привод

Дозатор муки 3 представляет собой алюминиевый корпус, внутри которого имеется вращающийся турникет, осуществляющий дозирование муки.

Питатель муки 4 – это короб, изготовленный из органического стекла и выполняющий роль резервуара для запаса муки перед дозатором. В верхней и нижней частях питателя установлены датчики уровня, связанные с системой транспортирования муки.

Блок замеса (рис. 8) имеет корытообразную месильную емкость 6, изготовленную из нержавеющей стали, внутри которой расположен центральный вал 7. На валу соосно закреплены месильные элементы. Первые по ходу движения теста три элемента выполнены в виде винтовых крыльчаток 8 (зона смешивания), остальные четыре – в виде плоских дисков 9 (зона пластифицирования).

Съемный блок 10 состоит из шести перегородок – по одной между двумя соседними подвижными элементами.

Сверху месильная емкость закрыта перфорированной крышкой 1, позволяющей наблюдать за процессом замеса.

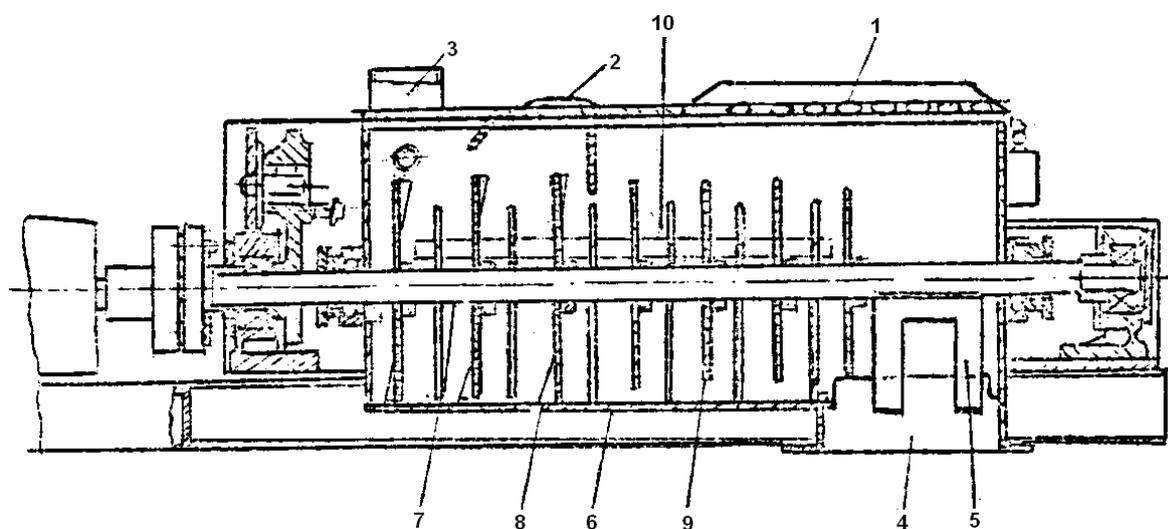


Рис. 8. Общий вид блока замеса тестомесильной машины А2-ХТТ:
1 – крышки; 2, 3, 4 – патрубки; 5 – скребок; 6 – месильная емкость;
7 – центральный вал; 8 – крыльчатки; 9 – диски; 10 – съемный блок

Жидкие компоненты от дозировочных станций ВНИИХП-0-5 или ВНИИХП-0-6 вводятся через патрубок 3, густые (при необходимости) – через патрубок 2. Выход готового теста осуществляется через патрубок 4, над которым укреплен неподвижный скребок 5, служащий для ускоренной выгрузки теста.

Кинематическая принципиальная схема тестомесильной машины А2-ХТТ представлена на рис. 9. Она состоит из мотор-редуктора 1; втулочно-пальцевой муфты 2; зубчатых колес 3, 4; храпового колеса 5; собачки 6; рукоятки 7; подшипниковых опор 8, 9; дозатора муки 10 и месильной емкости 11.

Работа тестомесильной машины А2-ХТТ происходит следующим образом. Мука поступает в питатель, заполняет его и корпус до-

затора. По мере расхода муки ее уровень в питателе достигает датчика нижнего уровня, происходит автоматическое включение шнека, подающего ее из производственного силоса до тех пор, пока мука не достигнет датчика верхнего уровня, который выключает шнек. Далее цикл повторяется. В свою очередь, турникет дозатора с заполненными мукой карманами, непрерывно поворачиваясь, подает муку в заднюю часть блока замеса, где она смешивается винтовыми крыльчатками с жидкими компонентами при одновременном перемещении вдоль центрального вала.

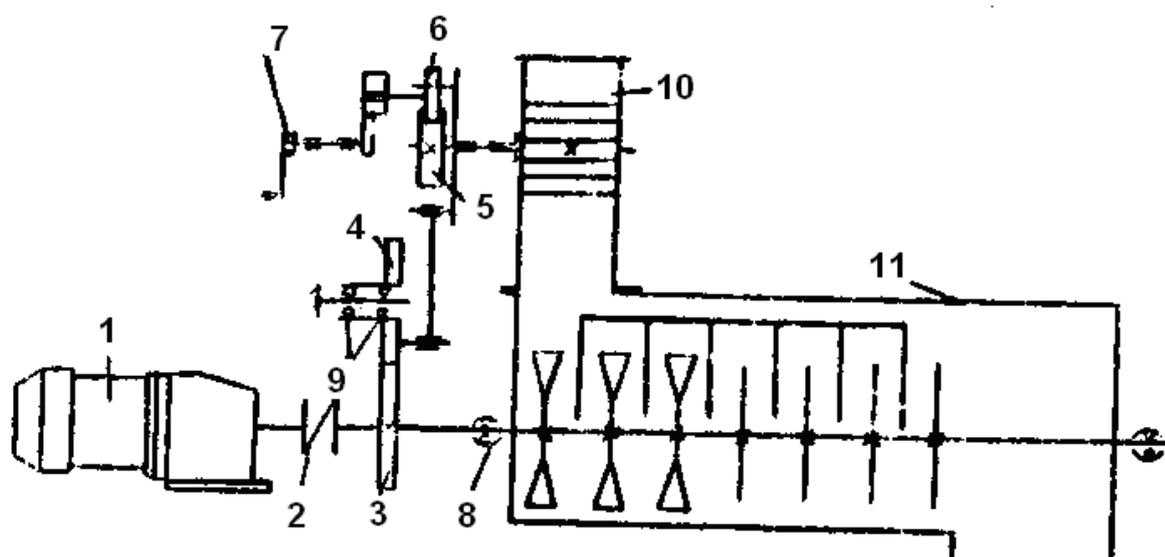


Рис. 9. Кинематическая принципиальная схема тестомесильной машины А2-ХТТ:

- 1 – мотор-редуктор; 2 – муфта; 3, 4 – зубчатые колеса; 5 – храповое колесо;
 6 – собачка; 7 – рукоятка; 8, 9 – подшипниковые опоры; 10 – дозатор;
 11 – месильная емкость

Вращающиеся плоские диски в сочетании с блоком перегородок и стенками месильной емкости блока замеса обеспечивают интенсивный промес и пластифицирование тестовой массы. Неподвижный скребок, установленный между центральным валом и разгрузочным патрубком, способствует ускоренной выгрузке готового теста.

Техническая характеристика тестомесильных машин непрерывного действия приведена в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	Тестомесильная машина			
	X-12	ТМН-70	И8-ХТА	А2-ХТТ
Производительность, т/сут	20	30	30	30
Объем месильной емкости, м ³	0,15	0,29	0,24	–
Число месильных валов	1	1	2	1
Число месильных элементов	8	19	16	7
Частота вращения месильных валов, с ⁻¹ (об/мин)	0,83 (50)	0,75 (45)	0,93 (56)	–
Установленная мощность электродвигателя, кВт	3,0	5,5	4,0	3,0
Габаритные размеры, мм:				
длина	1802	2560	1900	2040
ширина	977	1226	560	500
высота	1725	1370	2234	2200
Масса машины, кг	425	750	800	450

6. Основы расчета тестомесильных машин непрерывного действия

Расчет тестомесильных машин непрерывного действия начинается с обоснования выбора единичной мощности (производительности). Затем определяется вместимость месильной камеры, далее производится расчет баланса энергозатрат, расчет мощности, требуемой для привода тестомесильной машины, подбор электродвигателя и редуктора. После этого выполняются прочностные расчеты, которые здесь не рассматриваются, так как порядок их выполнения является общим для всех машин. На основании расчета энергозатрат дается оценка мероприятий по совершенствованию рабочего процесса тестомесильной машины.

Производительность тестомесильной машины выбирается из расчета обеспечения тестом разделочных линий и печей в соответствии с параметрическими рядами технологического оборудования хлебозаводов. Для хлебопекарных печей параметрическим рядом установлена следующая рабочая площадь пода: 10, 16, 25, 50, 60, 100

и 125 м^2 . Для обеспечения производительности указанного ряда необходимо иметь 2–3 типоразмера машин.

Производительность тестомесильной машины определяется по формуле, кг/ч

$$\Pi_{\text{м}} = \Pi_{\text{п}} \frac{100 + y}{100} K_0, \quad (1)$$

где $\Pi_{\text{п}}$ – производительность печи по горячему хлебу, кг/ч; y – упек в процентах к горячему хлебу; K_0 – коэффициент, учитывающий возможные остановки на регулировку и очистку, $K_0 = 1,06 \dots 1,08$.

Затем определяется вместимость месильной камеры по формуле, м^3

$$V_{\text{н}} = \frac{\Pi_{\text{м}} \tau}{3600 \rho K_1}, \quad (2)$$

где τ – длительность замеса теста (время пребывания теста в месильной емкости), с; ρ – плотность теста, $\text{кг}/\text{м}^3$; K_1 – коэффициент заполнения месильной камеры, $K_1 = 0,5 \dots 0,7$.

Далее составляем баланс энергозатрат на рабочий процесс

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4, \quad (3)$$

где A_1 – работа, затрачиваемая на перемешивание массы, Дж; A_2 – работа, затрачиваемая на перемещение месильных лопастей, Дж; A_3 – работа, затрачиваемая на нагрев теста и соприкасающихся с ним металлических частей машины, Дж; A_4 – работа, затрачиваемая на изменение структуры теста, Дж.

Опуская промежуточные математические преобразования, приводим конечные формулы для определения слагаемых уравнения (3)

$$A_1 = ab \pi \rho n^2 \cos(90 - \alpha) (r_2^2 - r_1^2) \left[(1 - K) \pi^2 (r_1^2 + r_2^2) + \frac{KS^2}{2} \right], \quad (4)$$

$$A_2 = \frac{2}{3} ab \delta \rho_{\text{л}} \pi^2 n^2 (r_2^3 - r_1^3), \quad (5)$$

$$A_3 = 124a \mu n \left(\frac{r_2^4 - r_1^4}{l} + 2 \frac{r_2^3 b \sin \alpha}{f} \right). \quad (6)$$

Определить работу A_4 весьма затруднительно. В первом приближении ее можно вычислить из баланса энергии замеса в эксперименте. Поскольку структурные изменения в тесте зависят от интенсивности замеса, A_4 приближенно можно определить так:

$$A_4 = (0,05...0,10) A_1. \quad (7)$$

Значения величин, входящих в формулы (4)–(6):

r_1, r_2 – малый и большой радиусы месильной лопасти, м;

a – число месильных лопастей;

b – высота месильной лопасти, м;

δ – толщина месильной лопасти, м;

α – угол атаки месильной лопасти, град;

h – вертикальная проекция месильной лопасти, м;

ρ – плотность теста, кг/м³;

S – шаг месильных лопастей, м;

n – частота вращения месильной лопасти, с⁻¹;

μ – средняя вязкость теста, Па·с;

f – зазор между торцом месильной лопасти и корпусом, м;

l – зазор между нижней кромкой месильной лопасти и корпусом, м;

K – коэффициент подачи теста, равный 0,5;

ρ_d – плотность материала месильной лопасти, кг/м³.

Далее определяется мощность электродвигателя привода тестомесильной машины по формуле, Вт

$$N_э = \frac{A n}{\eta_1 \eta_2}, \quad (8)$$

где η_1 – КПД основных механизмов тестомесильной машины; η_2 – КПД промежуточных механизмов привода (вариатора, редуктора); при их отсутствии $\eta_2 = 1$.

В зависимости от величины $N_э$ по каталогу подбирается приводной электродвигатель. Допускать увеличение мощности свыше 20 % по сравнению с расчетной не следует, так как при этом значительно снижается КПД электродвигателя.

Одним из основных показателей качества замеса теста является удельная работа замеса, определяемая по формулам, Дж/г

$$A_{\text{уд}} = \frac{A n \tau}{m_{\text{T}}} \quad (9)$$

или

$$A_{\text{уд}} = \frac{N_{\text{э}} \eta_1 \eta_2 \tau}{m_{\text{T}}}, \quad (10)$$

где m_{T} – масса замешиваемого теста, г.

Приведенная методика расчета позволяет найти оптимальные параметры процесса замеса теста и режим работы тестомесильной машины, что избавляет конструктора от весьма длительной и связанной с большими затратами доводки машины.

7. Содержание и порядок отчета о работе

Отчет должен содержать (согласно заданию преподавателя):

- описание конструкции и принципа действия одной из тестомесильных машин, имеющих в лаборатории кафедры;
- кинематическую схему тестомесильной машины;
- расчет тестомесильной 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 занятий студент сдает преподавателю зачет по работе.

Список литературы

1. Антипов С.Т. и др. Машины и аппараты пищевых производств. – М.: Высш. шк., 2001. – 704 с.
2. Хромеев В.А. Оборудование хлебопекарного производства. – М.: Академия, 2000. – 320 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ТЕСТОЗАКАТОЧНЫЕ МАШИНЫ

1. Цель работы

Целью работы является знакомство с процессом закатывания тестовых заготовок и с классификацией тестозакаточных машин, а также изучение их конструкций, приобретение навыков по расчету и составлению кинематических схем тестозакаточных машин.

2. Порядок выполнения работы

Приступая к лабораторной работе, студент должен сначала изучить настоящие методические указания и рекомендуемую литературу. Затем студент изучает конструкции и проведение необходимых измерений тестозакаточной машины (по указанию преподавателя).

В заключение студент составляет и оформляет отчет в соответствии с требованиями, изложенными в разделе 7, и получает зачет у преподавателя.

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

- на изучение методических указаний и рекомендуемой литературы – 1 ч;
- на изучение и измерение отдельных элементов тестозакаточной машины, а также на проведение необходимых расчетов – 2 ч;
- на оформление и сдачу зачета – 1 ч.

3. Некоторые теоретические сведения о процессе закатывания тестовых заготовок

В процессе закатывания тестовой заготовки происходит придание ей продолговатой формы с тупыми или заостренными концами (цилиндрическая или сигарообразная форма). Исходным материалом при закатывании является округленная тестовая заготовка, а конечным – продолговатая, так называемая батанообразная заготовка. Причем прямое закатывание тестового шара до приобретения им формы батона не обеспечивает должной проработки теста, вследст-

вие чего готовые изделия имеют неоднородную структуру и неравномерную пористость. Для получения изделий высокого качества процесс закатывания тестовой заготовки осуществляют в 4 этапа. Вначале тестовой шар должен быть расплюсчен валками в блин, затем этот блин закручивают в рулон, далее рулон закатывают и уплотняют, и, наконец, тестовая заготовка окончательно формируется с помощью транспортерной ленты и формирующего щитка.

Наиболее ответственными этапами процесса закатывания тестовых заготовок являются заключительные, т. е. уплотнение и формирование. Рассмотрим схему действия сил на формируемую тестовую заготовку (рис. 1). Равнодействующую сил давления формирующего органа на заготовку обозначим P_ϕ , равнодействующую сил давления несущего органа P_n . Считаем, что точка приложения этих сил будет находиться посередине отрезка b .

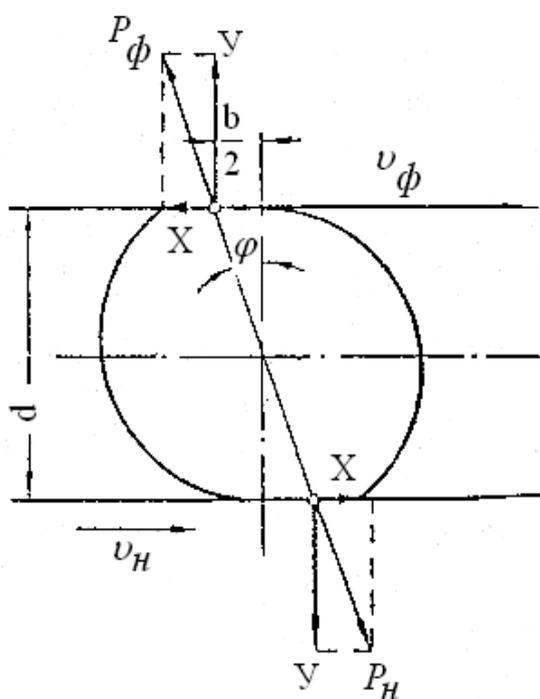


Рис. 1. Направление сил, действующих на тестовую заготовку при закатывании

Так как никакие другие силы, кроме сил P_ϕ и P_n на заготовку не действуют, и при установившемся процессе закатывания тесто движется равномерно, то геометрическая сумма сил P_ϕ и P_n , очевидно, должна быть равна 0. Отсюда следует, что силы P_ϕ и P_n равны и направлены в противоположные стороны. Из условия симметрии следует, что силы P_ϕ и P_n должны проходить через ось тестовой заготовки.

Очевидно, что закатываемая заготовка действует на несущий и формирующий органы с усилиями $P = P_\phi = P_n$.

Разложим силу P на составляющие силы – парал-

лельную и перпендикулярную к соответствующим поверхностям несущего и формирующего органов, которые определяются из следующих уравнений:

$$X = P \sin \varphi, \quad (1)$$

$$Y = P \cos \varphi. \quad (2)$$

Угол наклона силы P к вертикали φ может быть определен из соотношения

$$\operatorname{tg} \varphi = b/d. \quad (3)$$

Для полного закатывания тестовой заготовки требуется, чтобы она за период закатывания сделала несколько оборотов. Практически установлено, что необходимая форма заготовки получается при шести–восьми оборотах.

Для определения длины зоны закатывания тестовых заготовок рассмотрим рис. 2.

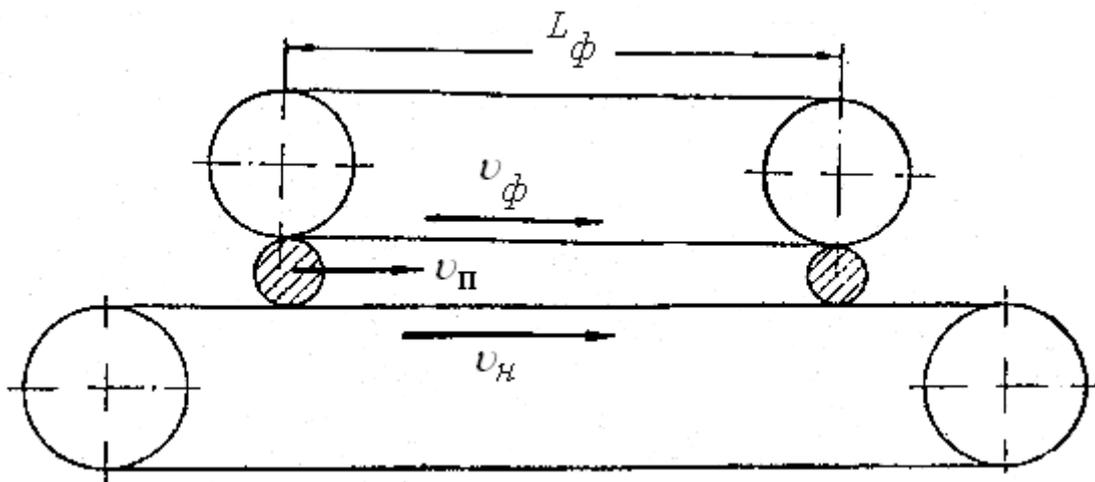


Рис. 2. К определению длины зоны закатывания тестовых заготовок

Зоной закатывания является длина закатывающего транспортера L_ϕ . Тестовая заготовка, перекатываясь без скольжения, проходит путь L_3 за время

$$\tau = \frac{L_3}{v_\Pi} = \frac{2L}{v_H + v_3}. \quad (4)$$

За этот промежуток времени лента закатывающего транспортера пройдет путь

$$L_1 = v_3 \tau = v_3 \frac{2L_3}{v_H + v_3}. \quad (5)$$

Следовательно, перекачивание тестовой заготовки по поверхности закатывающего транспортера совершается только на пути:

$$L_3 - L_1 = L_3 - v_3 \frac{2L_3}{v_H + v_3}. \quad (6)$$

На этом пути кусок теста должен совершить требуемое число оборотов K

$$L_3 \left(1 - \frac{2v_3}{v_H - v_3} \right) = K\pi d, \quad (7)$$

где d – средний диаметр обрабатываемой тестовой заготовки.

Из формулы (7) находим длину закатывающего транспортера

$$L_3 = \frac{K\pi d}{\frac{2v_3}{v_H + v_3}}. \quad (8)$$

Определим длину закатывающего транспортера для трех возможных случаев направления векторов скоростей:

1. Когда направления движения несущего и закаточного транспортеров одинаковы, т. е. $v_H = +a$; $v_3 = +b$; $a > b$

$$L'_3 = \frac{K\pi d}{1 - \frac{2b}{a+b}}. \quad (9)$$

2. При неподвижном закатывающем транспортере, т. е.: $v_H = +a$; $v_3 = 0$

$$L'_3 = K\pi d. \quad (10)$$

3. При встречном движении несущего и закаточного транспортеров, т. е.: $v_n = +a$; $v_3 = -b$; $a > b$

$$L_3'' = \frac{K\pi d}{1 + \frac{2b}{a-b}}. \quad (11)$$

Из этих формул видно, что если $L_3'' = K\pi d$ принять за единицу, то $L_3' > L_3''$, а $L_3''' < L_3''$. Таким образом, наименьшая зона закатывания тестовых заготовок, а следовательно, и наименьшие габариты тестозакаточной машины будут тогда, когда поверхности рабочих органов, т. е. транспортерные ленты несущего и закатывающего транспортеров, двигаются в разные стороны.

4. Классификация и устройство тестозакаточных машин

Как указывалось в разд. 3, в закаточных машинах осуществляются четыре операции – раскатывание округленного куска теста в блин, его завертывание в рулон, закатывание и уплотнение рулона и его формование. В зависимости от выполнения третьей, основной операции – закатывания и уплотнения тестовой заготовки, тестозакаточные машины подразделяются на барабанные и ленточные. Во-первых, операция закатывания осуществляется между вращающимся барабаном и неподвижным кожухом, а во-вторых – между движущимися лентами транспортеров.

В настоящем разделе рассматриваются конструкции некоторых отечественных тестозакаточных машин, получивших широкое распространение в промышленности, – барабанной МЗЛ-50 и ленточных Т1-ХТ2-3-1, Т1-ХТ2-3, И8-ХТЗ, С-500М.

Барабанная тестозакаточная машина МЗЛ-50

Машина МЗЛ-50 (рис. 3) состоит из приемной воронки 6, двух раскатывающих валков 7 и 16, ребристого валика 17 для завертывания в рулон, барабана 4, кожуха 10 для закатывания заготовок, ленточного транспортера 15 для окончательного формования и электродвигателя 13. Все элементы машины смонтированы на двух стойках 11, которые совместно с ленточным транспортером и электродвигателем укреплены на передвижном столе 12, установленном на катках 14.

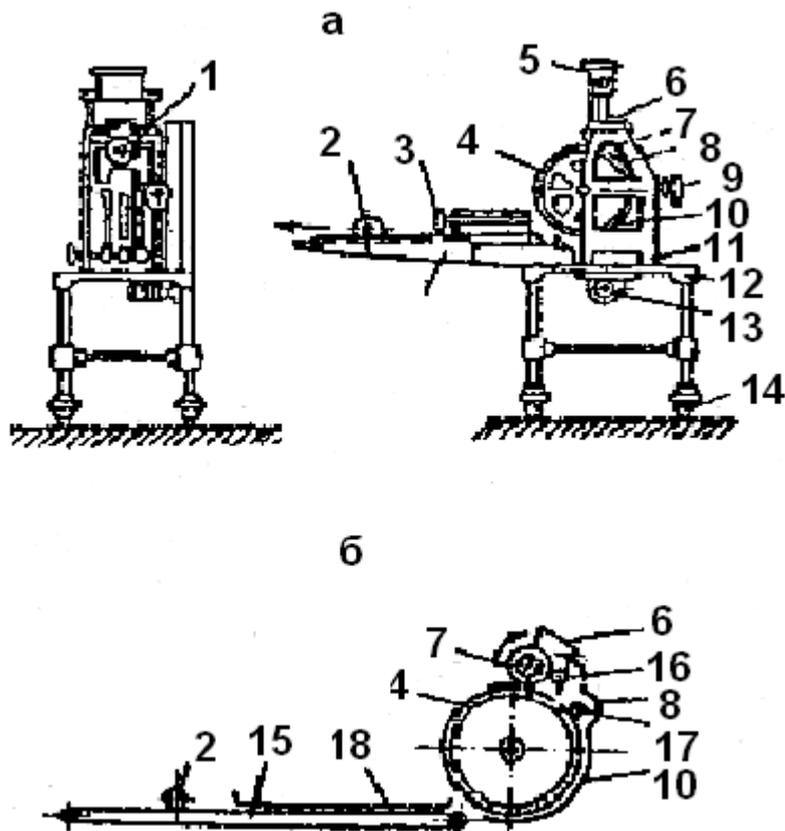


Рис. 3. Барабанная тестозакаточная машина МЗЛ-50:
а – общий вид; б – схема формующих органов

Кусок теста из округлителя поступает в приемную воронку, захватывается двумя вращающимися навстречу друг другу валками и раскатывается в тестовой блин, затем валиком 17 сворачивается в рулон и фартуком 8 направляется в зазор между барабаном 4 и кожухом 10 для закатывания. После этого тестовая заготовка поступает на ленточный транспортер 15, где прокатывается между лентой транспортера и неподвижным щитком 18 для придания ей определенной формы. Над приемной воронкой установлен мукопосыпальник 5. Для ограничения ширины раскатываемого куска теста валок 7 имеет реборды, а валок 16 для лучшего захватывания выполнен слегка рифленным.

Машина имеет в комплекте три сменных формующих щитка с различным профилем в сечении для формования батонов, сак и жгутов для плетенок. Кроме того, машина снабжена сменными кожухами желобообразной формы, которые устанавливаются между раздвижными торцовыми бортами. При необходимости разрезания

отформованных заготовок над транспортером устанавливаются ножи 2. Для перехода на формование тестовых заготовок различной массы и формы в машине предусмотрены регулировочные устройства 1, 3, 9 для изменения зазоров между раскатывающимися валками, между кожухом и барабаном и между лентой транспортера и формирующим щитком.

Машина снабжена электродвигателем 13, который через цепную передачу приводит во вращение главный вал.

Ленточные тестозакаточные машины Т1-ХТ2-3-1 и Т1-ХТ2-3

Машина Т1-ХТ2-3-1 (рис. 4, а) предназначена для формования тестовых заготовок из пшеничного теста цилиндрической или сигарообразной формы длиной до 360 мм. Машина состоит из подающего транспортера 8, двух пар раскатывающих валков 9 и 10, 12 и 13, завивающей гибкой решетки 14, несущего и закатывающего транспортеров 1 и 3. Все элементы машины смонтированы на станине 11, а транспортеры 1 и 3 – на консольном каркасе.

Тестовая заготовка, пройдя между щеками центрующего устройства, поступает в подающий транспортер 8 и перемещается под прикатывающим валком 7, который слегка ее сплющивает. Далее валки 9 и 10 раскатывают заготовку в блин толщиной 5–12 мм, а валки 12 и 13 – до толщины 3–9 мм.

Затем тестовой блин поступает на ленту транспортера 1, который перемещает его под завивающую гибкую решетку 14. Проходя под решеткой, тестовой блин сворачивается в рулон, который закатывается, уплотняется и формуется лентами несущего и закатывающего транспортеров и формирующим щитком 2.

При изменении массы тестовой заготовки в машине необходимо производить следующую регулировку: штурвалом 6 поднимать или опускать прикатывающий валок 7; штурвалами 4 изменять расстояние между валками 9 и 10, 12 и 13; штурвалами 15, приподнимая ленту несущего транспортера, менять расстояние между лентами несущего и закатывающего транспортеров. Длина тестовой заготовки ограничивается двумя направляющими 16. Через насадки 5 производится обдувка воздухом рабочих органов машины.

Машина приводится в движение от электродвигателя 1 (см. рис. 4, б), который через клиноременную передачу 2 вращает главный вал 7 с валком 21. От этого вала через шестерни 6 и 9, 8 и 5

вращается валок 22. Валок 20 вращается от главного вала через шестерни 6, 9, 8, 10, а валок 19 – через шестерни 9 и 12. С помощью цепных звездочек 16 и 15 приводится в движение подающий транспортер 18, а звездочки 14 и 13 вращают прикатывающий валок 17. От звездочки 24 приводится в движение несущий транспортер 23, а от звездочек 11 и 4 – закатывающий транспортер 3.

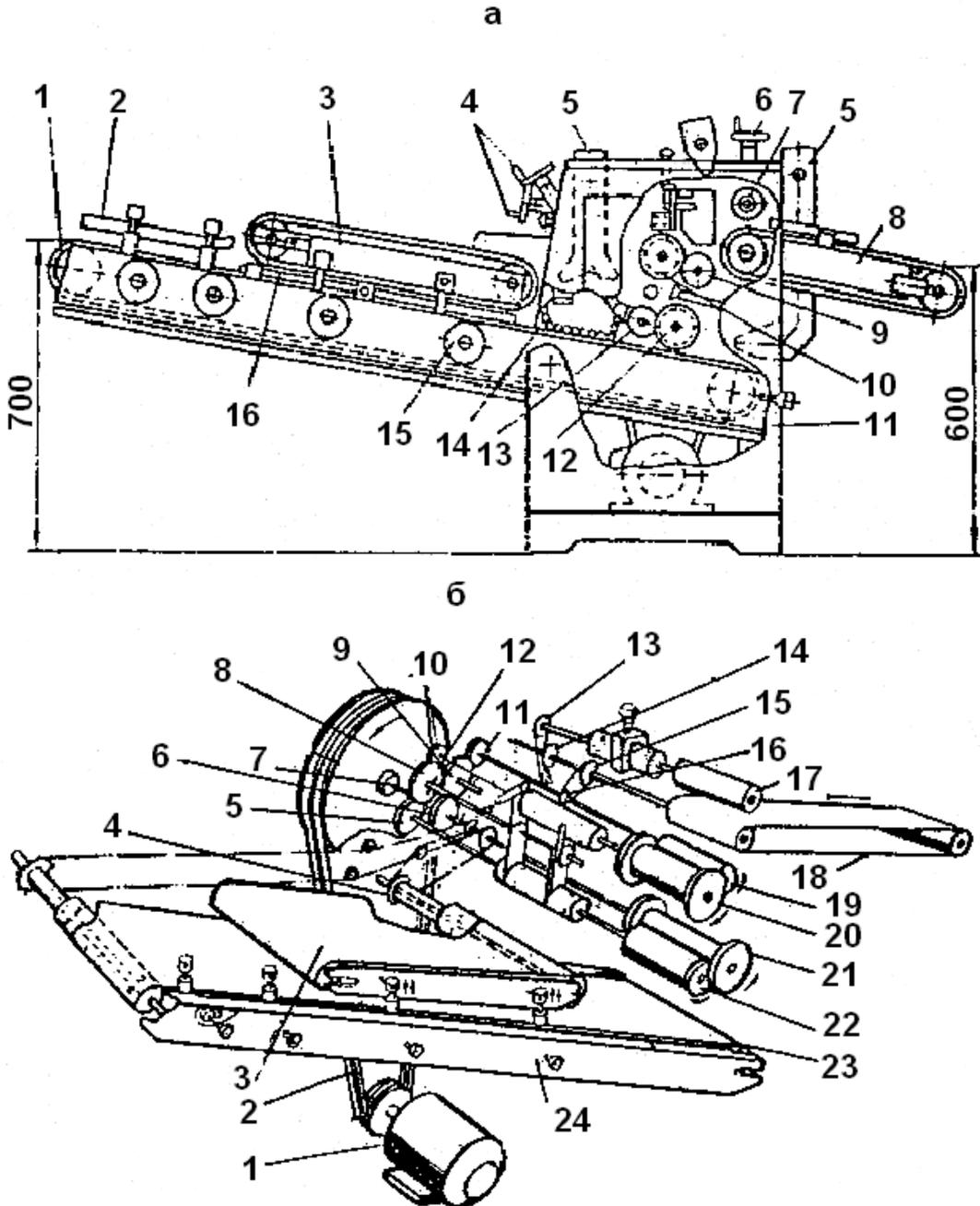


Рис. 4. Тестоукаточная машина Т1-ХТ2-3-1:
а – общий вид; б – кинематическая схема

Машина имеет сменные валки различной длины (мм): для верхней пары – 120, 145, 185, для нижней пары – 125, 155, 195. Ширина ленты транспортеров (мм): подающего – 200, несущего – 400, закатывающего – 400.

Тестозакаточная машина Т1-ХТ2-3 предназначена для формования тестовых заготовок из пшеничного теста для мелкоштучных изделий. По конструкции и кинематике она аналогична машине Т1-ХТ2-3-1, отличается только габаритными размерами. Длина раскатывающих валков (мм): первой пары – 120, второй – 125. Ширина ленты транспортеров (мм): подающего – 200, несущего и закатывающего – по 250.

Скорость ленты транспортеров (м/с): подающего – 0,5; несущего – 0,66; закатывающего – 0,83.

Ленточная тестозакаточная машина И8-ХТЗ

Машина И8-ХТЗ предназначена для формования тестовых заготовок из пшеничного теста цилиндрической или сигарообразной формы длиной не более 330 мм.

Рабочим органом машины является тестозакаточная головка (рис. 5), состоящая из центрующего устройства 1, прикатывающего валка 2, двух пар раскатывающих валков 4 и 10, 5 и 7, направляющей 9, приводного барабана 3, подающего транспортера, механизмов регулирования зазора между валками каждой пары 8 и 6, электродвигателя, цепных и зубчатых передач для привода раскатывающих валков и транспортеров и двух соединенных стяжками боковин.

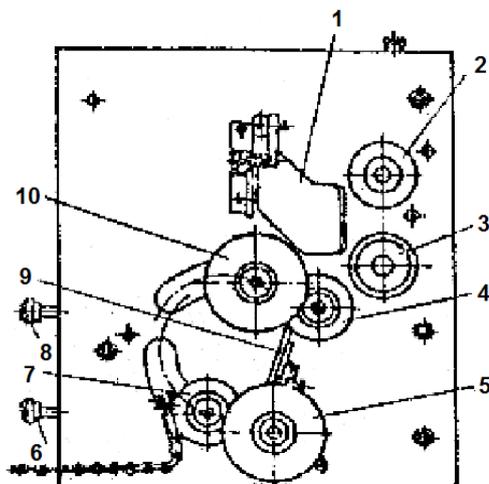


Рис. 5. Тестозакаточная головка машины И8-ХТЗ

Подающий транспортер 4 (рис. 6) состоит из каркаса, закрепленного на нем натяжного барабана 5, регулируемых ограничителей 10 и транспортерной ленты. Несущий транспортер 8 крепится к станине консольно.

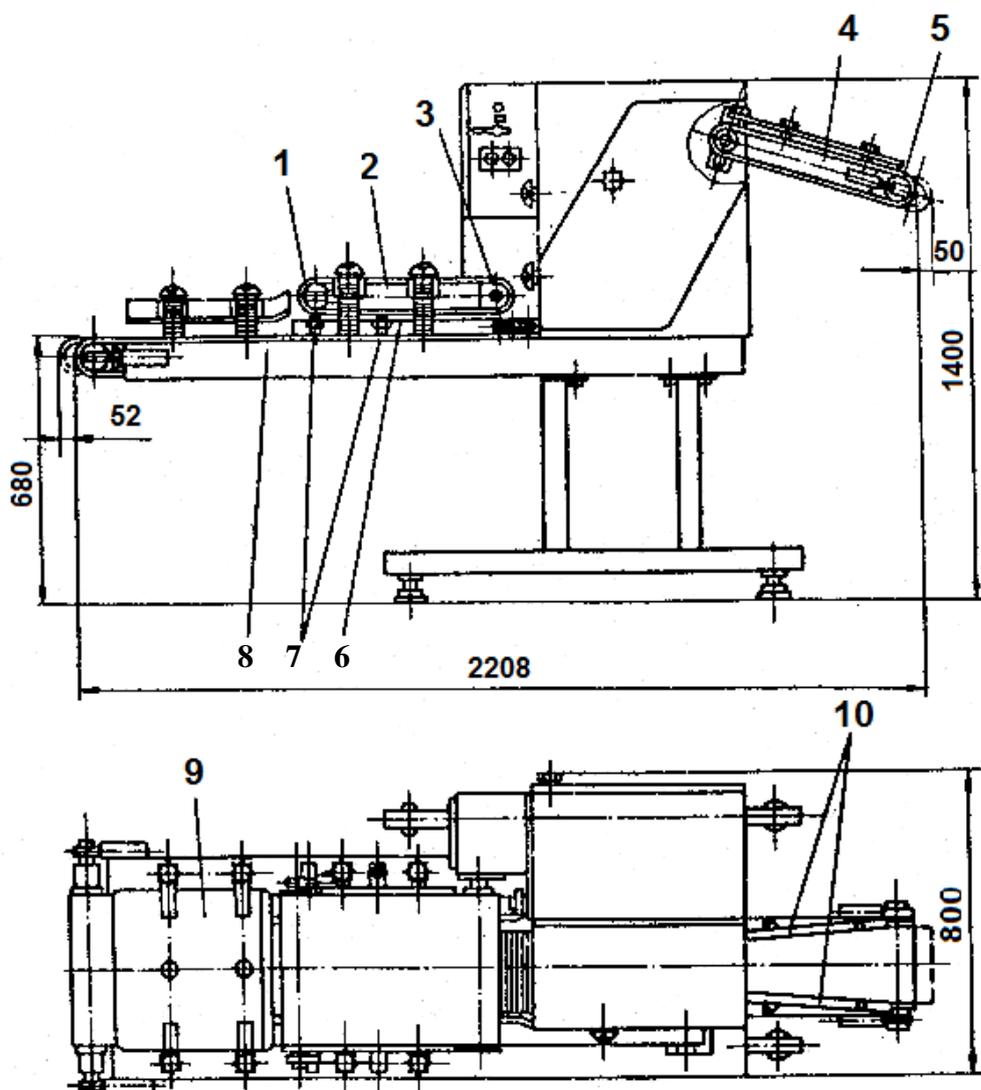


Рис. 6. Общий вид тестозакаточной машины И8-ХТЗ

Закатывающий транспортер 2 и формующий щиток 9 устанавливаются на несущем транспортере с помощью механизма подъема, который позволяет плавно регулировать расстояние и угол наклона.

Направляющие 6 закреплены на несущем транспортере. Расстояние между ними регулируется винтами 7.

В зависимости от массы тестовых заготовок на машину устанавливаются различные валки. Машина снабжена двумя формующими щитками.

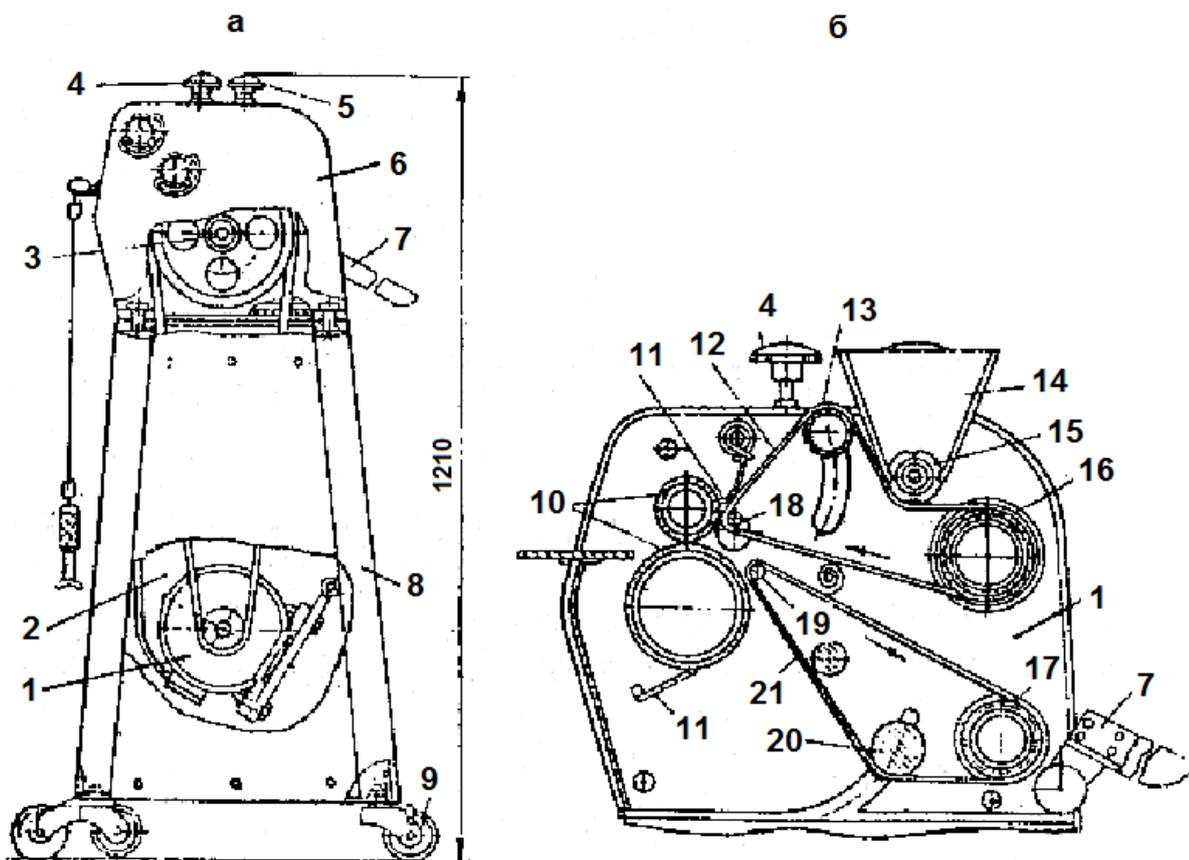
Закатывающий транспортер состоит из каркаса, приводного барабана 3, натяжного барабана 1 и транспортерной ленты.

Для направления тестовых заготовок служит центрирующее устройство.

Поступающие на подающий транспортер тестовые заготовки, проходя под валком, слегка расплющиваются и, двигаясь между щитками центрирующего устройства, направляются в щель между вращающимися валками. Минувя последовательно верхнюю и нижнюю пары раскатывающих валков, заготовка раскатывается в блин толщиной 6–4 мм (в зависимости от массы), который ложится на ленту несущего транспортера. Находясь под гибкой решеткой, блин сворачивается в рулон и поступает в зазор между несущим и закатывающим транспортерами, который уменьшается в направлении движения заготовки. Продвигаясь дальше и одновременно вращаясь вокруг своей оси, рулон закатывается, а его торцы при помощи направляющих – заглаживаются. Образованная заготовка цилиндрической формы поступает под формующий щиток, где получает окончательную форму и размеры.

Тестозакаточная машина С-500М

Машина С-500М (рис. 7) состоит из передвижной станины 8, установленной на четырех катках 9. На станине смонтирована формующая головка 6, внутри которой расположены два раскатывающих валка 10 и два ленточных транспортера 12 и 21. Лента верхнего транспортера огибает валик 18, натяжной валик 13, валик 15 мукопосыпателя и приводной барабан 16. Лента нижнего транспортера огибает валик 19, натяжной валик 20 и приводной барабан 17. Кусок теста подается в зазор между валками 10, раскатывается в блин, который, проходя между транспортерными лентами, имеющими встречное движение, сворачивается в рулон. Благодаря увеличению расстояния между лентами предотвращается сильное давление на тестовой рулон, в результате чего он приобретает слоистое строение. Сформованные заготовки по лотку 7 поступают на стол, где им вручную придается подковообразная форма.



7. Ленточная тестозакаточная машина для рогаликов С-500М:
а – общий вид; б – формующая головка

Для предупреждения прилипания заготовок к ленте, последняя посыпается мукой валиком 15, который при вращении своими желобками захватывает муку из воронки 14. Натяжение верхней и нижней лент производится передвижением валиков 13 и 20 путем вращения винтов 4 и 5. Очистка раскатывающих валков от теста производится с помощью пластинчатых ножей 11.

Рабочие органы машины приводятся в движение от электродвигателя 1, который через клиноременную передачу 2 вращает вал 3. От этого вала с помощью зубчатых передач вращение передается раскатывающим валкам и приводным барабанам ленточных транспортеров.

Машина С-500М предназначена для формования тестовых заготовок из пшеничной муки высшего сорта или 1-го сорта.

Техническая характеристика вышеописанных тестозакаточных машин приведена в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	Тестозакаточные машины				
	МЗЛ-50	Т1-ХТ2-3-1	Т1-ХТ2-3	И8-ХТЗ	С-500М
Производительность, шт./мин	До 60	До 63	До 100	До 63	До 83
Масса кусков теста, кг	0,055–0,55	0,22–1,1	0,055–0,22	0,22–1,1	0,02–0,15
Мощность электродвигателя, кВт	1	1,1	0,75	1,1	0,75
Частота вращения вала, об/мин	1500	1000	1000	1000	1000
Габаритные размеры, мм	1635×597× ×1468	2380×900× ×1225	2300×900× ×1215	2300×800× ×1400	465×700× ×1220
Масса, кг	413	540	495	450	140

5. Элементы расчета тестозакаточных машин

Производительность тестозакаточных машин при равномерном поступлении тестовых заготовок может быть определена по формуле

$$Q = \frac{60v_{\text{п}}}{a}, \quad (12)$$

где $v_{\text{п}}$ – скорость перемещения тестовых заготовок в зазоре между несущим и закатывающим транспортерами, м/с; a – расстояние между центрами соседних заготовок; принимается равным не менее 5 диаметров заготовки, м.

Скорость перемещения тестовых заготовок $v_{\text{п}}$, м/с, может быть определена по формуле

$$v_{\text{п}} = \frac{v_{\text{н}} - v_{\text{з}}}{2} \varepsilon, \quad (13)$$

где v_n – скорость движения ленты несущего транспортера, м/с; v_3 – скорость движения ленты закатывающего транспортера, м/с; ε – коэффициент проскальзывания (принимается равным $0,8 \div 0,85$).

При приведении в движение тестозакаточной машины мощность в основном затрачивается на раскатывание тестовой заготовки в блин (вальцевание) и на закатывание тестовой заготовки (уплотнение).

Требуемая мощность N_B , кВт, на вальцевание определяется по формуле

$$N_B = \frac{M\omega}{1000}, \quad (14)$$

где M – крутящий момент, Н·м; ω – угловая скорость валков, $\omega = \pi n/30$.

Требуемая мощность на закатывание тестовых заготовок без учета сопротивления сил трения в механизмах привода состоит из следующих составляющих:

1. Мощности N_{31} , кВт, требуемой на преодоление сил X (см. рис. 1),

$$N_{31} = \frac{P \sin \varphi v_n + P \sin \varphi v_3}{1000}. \quad (15)$$

2. Мощности N_{32} , кВт, требуемой на преодоление момента сил Y (см. рис. 1),

$$N_{32} = \frac{P \frac{b}{d} \cos \varphi (v_n + v_3)}{1000}. \quad (16)$$

3. Мощности N_{33} , кВт, требуемой на преодоление сил трения между лентами рабочих органов и поддерживающими их щитами,

$$N_{33} = \frac{Pf \cos \varphi \cdot (v_n + v_3)}{1000}. \quad (17)$$

Следовательно, суммарная требуемая мощность N_3 , кВт, для закатывания тестовых заготовок

$$N_3 = \frac{m \left[P \sin \varphi (v_n + v_3) \right] + P \frac{b}{d} \cos \varphi (v_n + v_3) + Pf \cos \varphi (v_n + v_3)}{1000}, \quad (18)$$

где v_n – скорость несущего транспортера, м/с; v_3 – скорость закатывающего транспортера, м/с; φ – угол, составленный равнодействующей сил давления с вертикалью; m – количество тестовых заготовок, одновременно проходящих в зазоре между несущим и закатывающим транспортерами, шт.; f – коэффициент трения между лентами транспортера и щитами.

Давление P , Н, оказываемое рабочими органами (транспортерными лентами) на тестовую заготовку, определяется по формуле

$$P = p_0 bl; \quad (19)$$

$$b = \left(\frac{1}{2} \pi d^2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \frac{1}{4} \pi d^2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^{1/2}, \quad (20)$$

где p_0 – удельное давление на тесто, $p_0 = \text{мН/м}^2$; b – ширина площади соприкосновения тестовой заготовки с соответствующим рабочим органом, м; l – длина тестовой заготовки, м; d – диаметр тестовой заготовки, м; α – угол между транспортерными лентами.

В первых двух членах формулы (18) направление скоростей транспортерных лент учитывается соответствующим знаком; для третьего члена формулы (18) направление скорости значения не имеет, так как сила трения действует всегда в сторону, противоположную движению транспортерных лент.

Требуемая мощность для электродвигателя тестозакаточной машины определяется по формуле

$$N_э = \frac{N_b + N_3}{\eta}, \quad (21)$$

где η – КПД привода.

6. Содержание и порядок оформления отчета о работе

Отчет должен содержать:

– описание конструкции и принципа действия одной из тестозакаточных машин;

- кинематическую схему тестозакаточной машины;
- расчет тестозакаточной машины.

Эскизы, схемы и чертежи выполняются с соблюдением требований ЕСКД.

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.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	
ТЕСТОПРИГОТОВИТЕЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ.....	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	
ТЕСТОМЕСИЛЬНЫЕ МАШИНЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ.....	29
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	
ТЕСТОМЕСИЛЬНЫЕ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ.....	55
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	
ТЕСТОЗАКАТОЧНЫЕ МАШИНЫ.....	75

Корниенко Юрий Иванович
Верболоз Елена Игоревна
Громцев Александр Сергеевич
Демченко Вера Артемьевна

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ
ПО МАШИНАМ И ОБОРУДОВАНИЮ
БИОТЕХНОЛОГИЙ**

Часть I

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 28.11.2014. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 5,58. Печ. л. 6,0. Уч.-изд.л. 5,75
Тираж 70 экз. Заказ № С 78

НИУ ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49
ИИК ИХиБТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

