

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**



Кафедра техники пищевых

производств и торговли

ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Методические указания
к лабораторной работе
для студентов специальности 260601
всех форм обучения

Санкт-Петербург
2010

УДК 664.65.05

Верболоз Е.И., Мовчанюк Е.В. Арсеньев В.В. Тестоделительные машины: Метод. указания к лабораторной работе для студентов спец. 260601 всех форм обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2010. – 32 с.

Указаны цель и порядок выполнения лабораторной работы. Даны анализ процессов, происходящих в тестоделительных машинах; их классификация и расчет; описаны некоторые конструкции тестоделителей; показан порядок оформления отчета о работе.

Рецензент

Канд. техн. наук, доц. Н.А. Зуев

Рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

© Санкт-Петербургский государственный
университет низкотемпературных
и пищевых технологий, 2010

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

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

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

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

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

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

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

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

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

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

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

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

- 1) машины, отделяющие ножом куски от тестового жгута при выходе его с постоянной скоростью;
- 2) машины, отделяющие куски теста от общей массы мерными карманами делительной головки;
- 3) машины, штампующие из общей массы теста куски заданного объема.

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

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

В зависимости от кинематической связи делительного механизма с общим механизмом все тестоделительные машины делятся на две группы: с фиксированным и нефиксированным ритмом отделения кусков теста. В машинах первой группы кинематические звенья делительного механизма жестко связаны с кинематическими звеньями всей машины, поэтому делительный механизм работает с постоянным ритмом в определенной последовательности с остальными органами машины. В машинах второй группы делительный механизм кинематически не связан с общим механизмом машины и включается в работу от внешнего импульса лишь при достижении куском теста заданного объема.

Тестоделители с фиксированным ритмом работы имеют постоянную производительность по количеству кусков, но обеспечивают несколько меньшую точность деления, чем машины с нефиксирован-

ным ритмом работы. Тестоделители с нефиксированным ритмом работы обеспечивают несколько более высокую точность деления, но имеют непостоянный период цикла деления, который зависит от подачи теста; вследствие этого такие машины имеют непостоянную производительность, что ограничивает их применение в автоматизированных поточных линиях.

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

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

- V_0 – объем рабочей камеры;
- V_1 – объем камеры сжатия;
- V_2 – объем стабилизации давления;
- V_3 – буферный объем;
- V_4 – суммарный объем мерных камер.

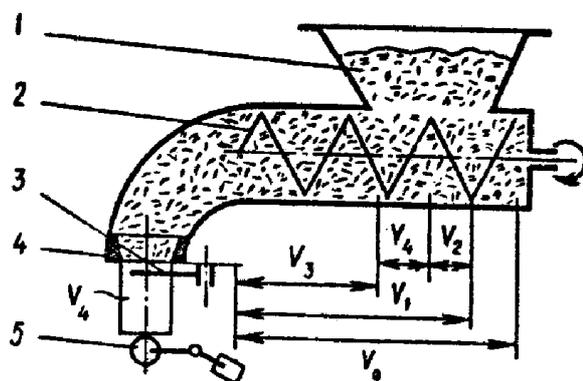


Рис. 1. Принципиальная схема тестоделительной машины со шнековым нагнетателем без делительной головки:

1 – приемная воронка; 2 – нагнетающие шнеки (два); 3 – вращающийся отсекающий нож; 4 – мундштук; 5 – ролик, включающий привод ножа

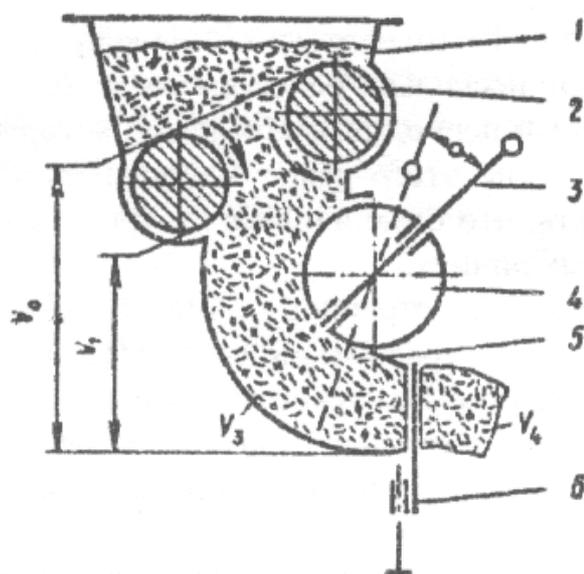


Рис. 2. Принципиальная схема тестоделительной машины с лопастным нагнетанием (качающаяся лопасть) без делительной головки:

1 – приемная воронка; 2 – питающие валки; 3 – нагнетательная качающаяся убираемая лопасть; 4 – поворотный барабан; 5 – мундштук; 6 – отсекающий нож

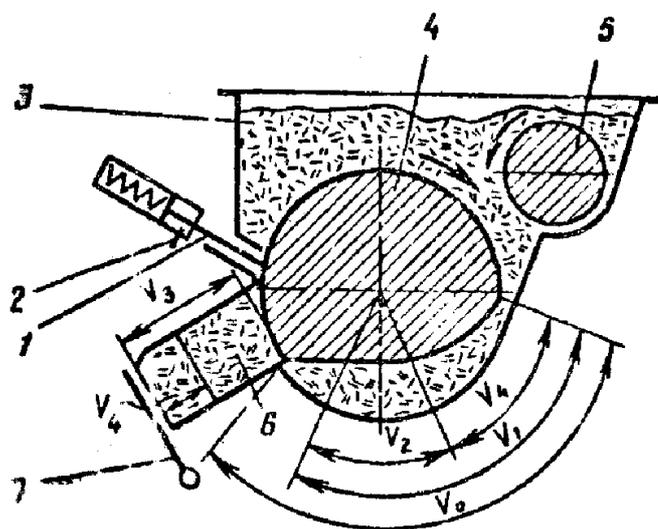


Рис. 3. Принципиальная схема тестоделительной машины с роторно-валковым нагнетателем без делительной головки:
 1 – подпружиненная отсекающая заслонка; 2 – ограничитель хода заслонки;
 3 – приемная воронка; 4 – ротор; 5 – валок; 6 – буферная камера;
 7 – отсекающий нож

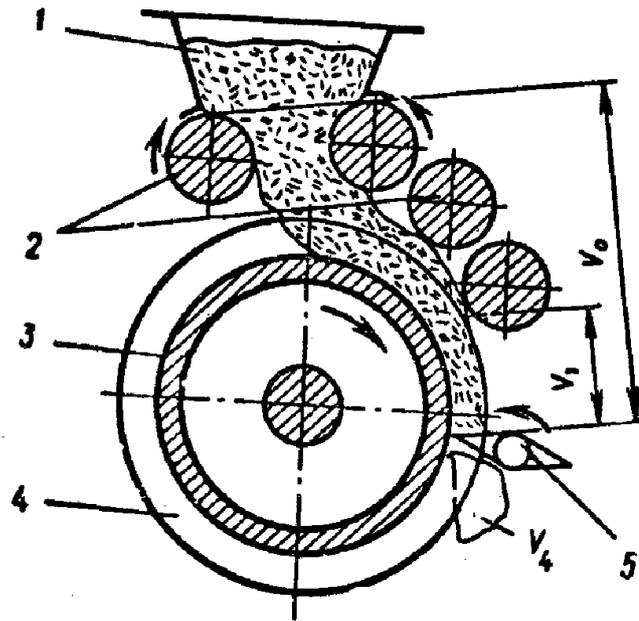


Рис. 4. Принципиальная схема тестоделительной машины с валковым нагнетателем и прокатывающим устройством без делительной головки:
 1 – приемная воронка; 2 – нагнетающие валки; 3 – формирующий барабан;
 4 – реборда барабана; 5 – отсекающий поворотный нож

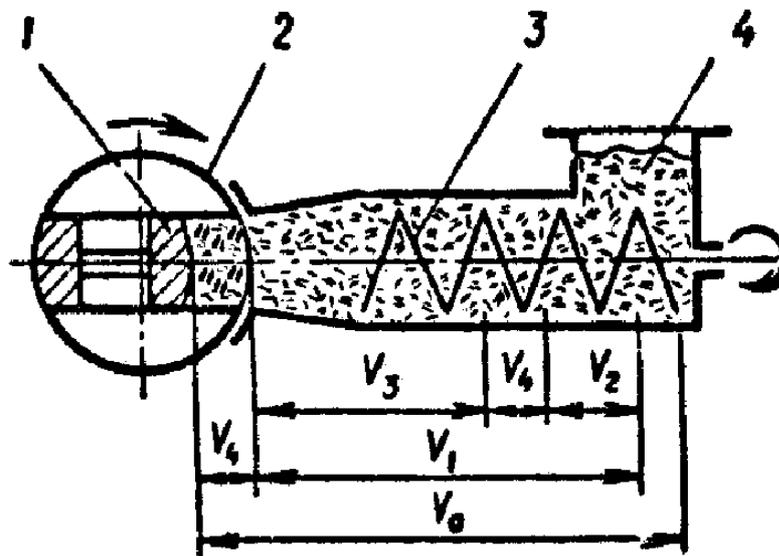


Рис. 5. Принципиальная схема тестоделительной машины со шнековым нагнетателем и делительной головкой:
 1 – спаренные плавающие мерные поршни; 2 – делительная головка;
 3 – нагнетающий шнек; 4 – приемная воронка

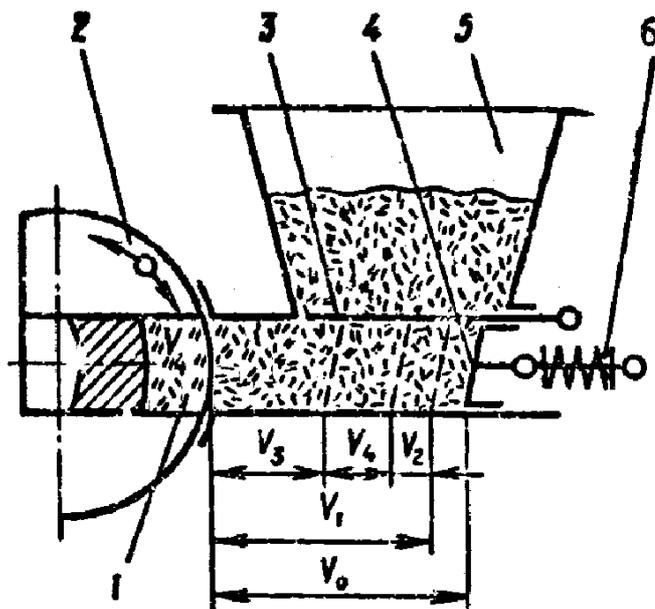


Рис. 6. Принципиальная схема тестоделительной машины с поршневым нагнетателем и делительной головкой:
 1 – мерная камера; 2 – делительная головка; 3 – заслонка; 4 – нагнетающий поршень; 5 – приемная воронка; 6 – стабилизатор давления

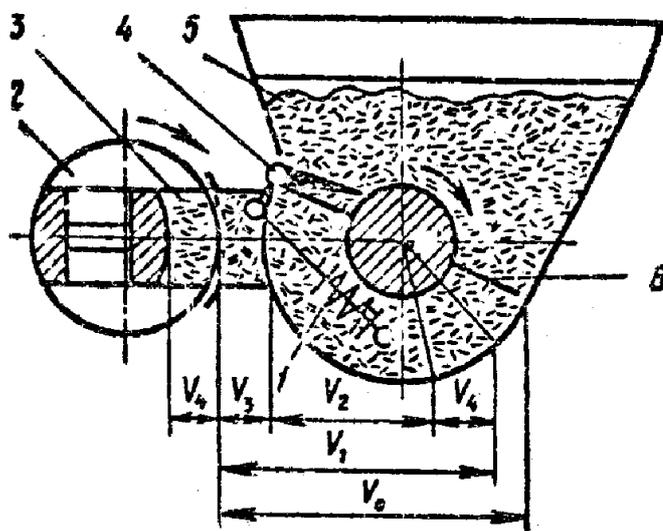


Рис. 7. Принципиальная схема тестоделительной машины с лопастным нагнетателем (жестко закрепленная лопасть) и делительной головкой:
 1 – стабилизатор; 2 – делительная головка; 3 – мерная камера; 4 – отсекающая демпфирующая поворотная заслонка; 5 – приемная воронка; 6 – нагнетающая лопасть

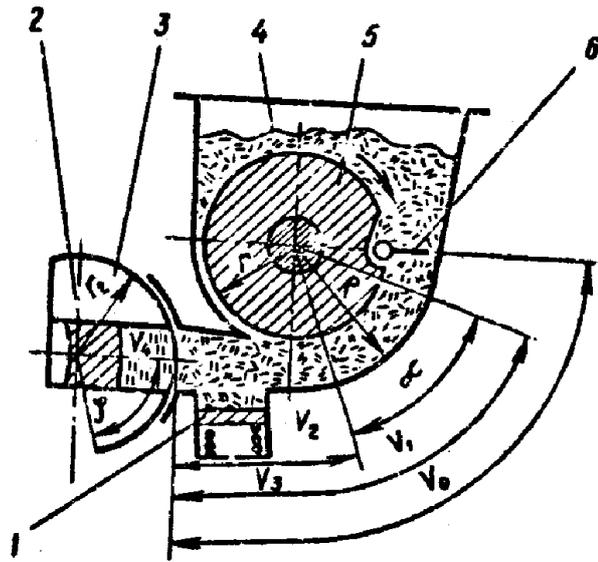


Рис. 8. Принципиальная схема тестоделительной машины с лопастным нагнетателем (убираемая поворотная лопасть) и делительной головкой:
 1 – стабилизатор давления; 2 – мерный поршень; 3 – делительная головка;
 4 – приемная воронка; 5 – вращающийся барабан; 6 – убираемая лопасть

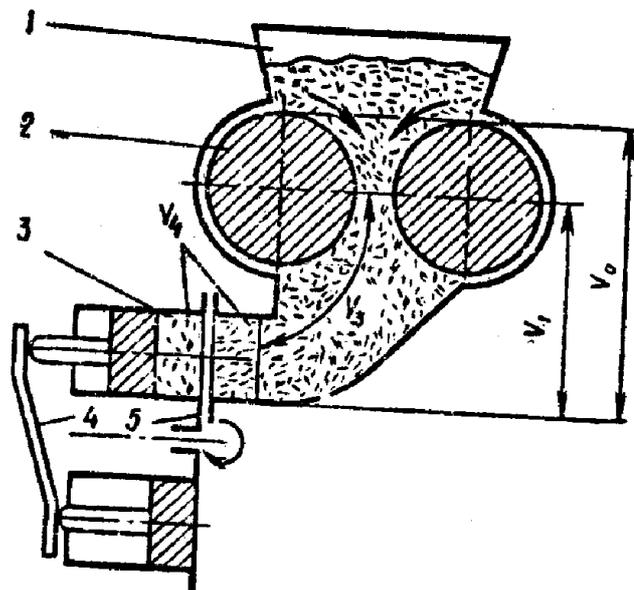


Рис. 9. Принципиальная схема тестоделительной машины с валковым нагнетателем и делительной головкой:
 1 – приемная воронка; 2 – нагнетающие валки; 3 – мерная камера;
 4 – механизм регулирования хода поршня; 5 – делительная головка

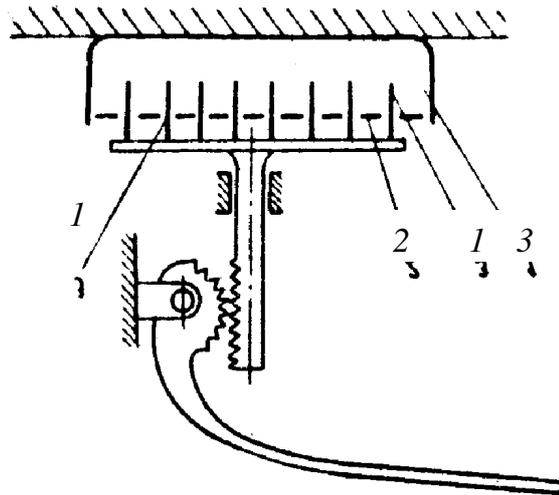


Рис. 10. Принципиальная схема
штампующей тестоделительной машины:
1 – ножи; 2 – плита; 3 – чаша

4. АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

4.1. Функциональная характеристика тестоделительных машин

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

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

Нагнетатель служит для создания давления, под которым тесто заполняет мерные емкости делительной головки либо просто покидает рабочую камеру. Стабилизатор давления обеспечивает постоянство давления в рабочей камере тестоделителя в момент отмеривания

дозы. Делительное устройство (делительная головка) содержит мерные емкости, которые при заполнении тестом соединяются с рабочей камерой, а при разгрузке отсоединяются от нее.

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

4.2. Процессы, происходящие в рабочих камерах тестоделительных машин

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

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

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

До последнего времени при рассмотрении рабочего процесса тестоделительной машины в основном обращали внимание лишь на одну сторону процесса – влияние давления в рабочей камере на точность деления тестовых заготовок. Следует обратить внимание на то,

что процессы, происходящие в рабочей камере, изменяют свойства теста, а это существенно влияет на ход последующих процессов: расстойки и выпечки.

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

Сброженное тесто после любой механической обработки (деления, округления, закатки) имеет примерно постоянную плотность, которая несколько ниже таковой для свежесмешанного теста (1040...1090 кг/м³ против 1100...1180 кг/м³). Разрыхление теста до разделки нужно не для увеличения объема теста, а для накопления вкусовых и ароматических веществ. На получение хорошо разрыхленного конечного продукта – хлеба – в основном влияет накопление газовой среды после окончания механического воздействия на тесто (разделки и формования) – в процессе расстойки.

4.3. Уравнения состояния теста и оптимизация давления в рабочей камере тестоделительных машин

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

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

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

а) для теста из пшеничной муки I сорта при влажности, равной $43,0 \pm 0,2$ %,

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

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

б) для теста из пшеничной муки II сорта при влажности, равной $46,0 \pm 0,2$ %,

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

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

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

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

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

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

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

4.4. Точность работы тестоделительных машин

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

После деления на куски тесто подвергается целому ряду технологических операций, сопровождающихся изменением массы, поэтому по массе готовых изделий трудно установить, на каком этапе технологического процесса или операции произошло сверхнормативное изменение массы. В соответствии с ГОСТ 6649–53 и 7127–54 допустимые отклонения массы отдельных изделий определяются в конце технологического процесса по остывшим выпечным изделиям. Максимальное отклонение массы десяти одновременно взвешенных изделий не должно превышать $\pm 2,5$ % номинальной массы, отклонение одного изделия – не более 3,0 %,

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

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

Определение отклонений в массе заготовок можно производить по среднеквадратическому отклонению выборки

$$\sigma = \left(\sum (x - \Delta g) m / n - 1 \right), \quad (4)$$

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

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

здесь

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

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

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

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

Средняя арифметическая масса заготовки вычисляется по уравнению

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

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

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

5. НЕКОТОРЫЕ КОНСТРУКЦИИ ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

5.1. Тестоделительная машина Кузбасс-2М-1

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

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

карман для заполнения тестом. По окончании заполнения кармана

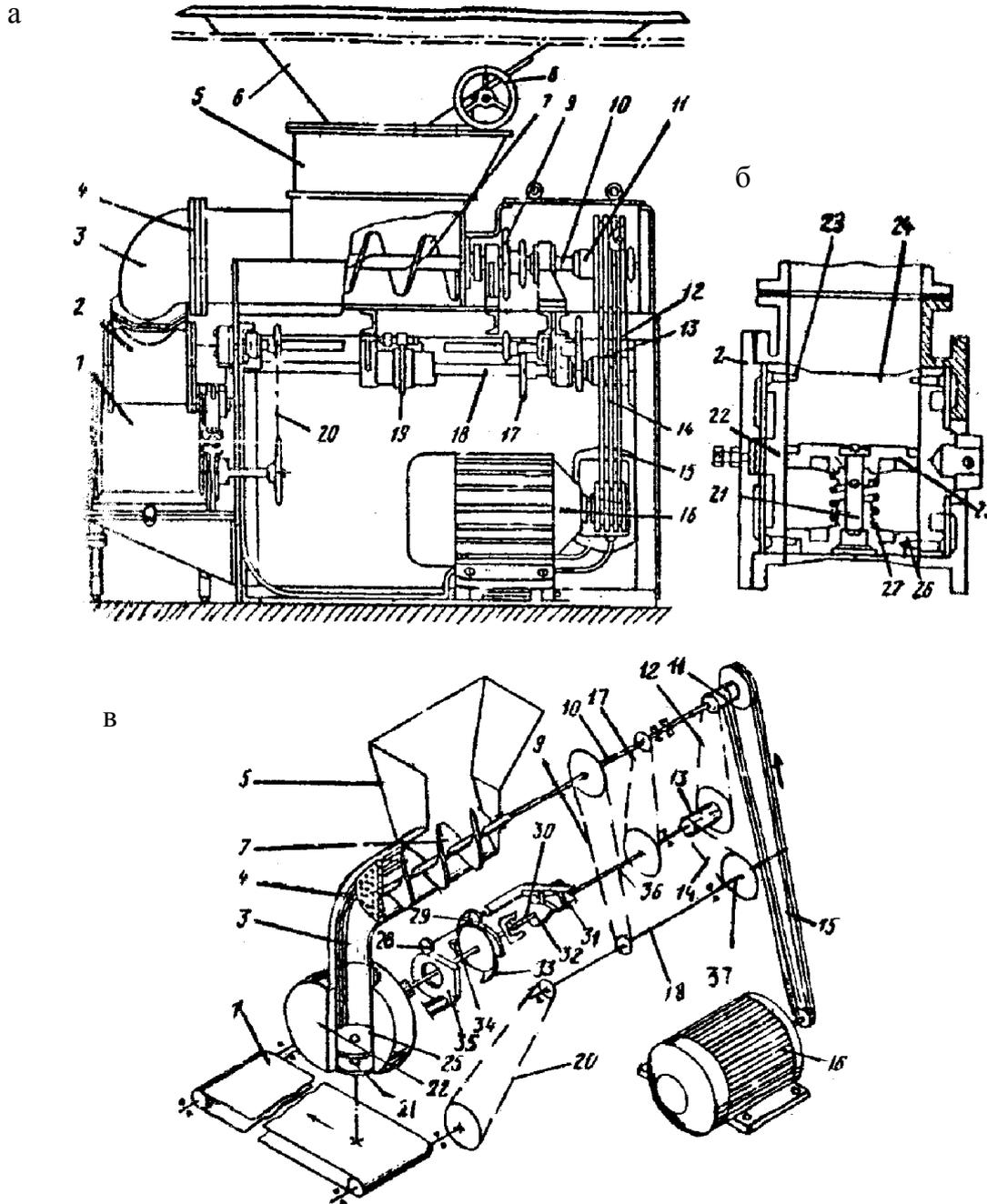


Рис. 11. Тестоделительная машина «Кузбасс-2М-1»:

а – общий вид; б – делительный барабан; в – кинематическая схема;

1 – приемный транспортер; 2 – делительная головка; 3 – угловой отвод; 4 – решетка; 5 – приемная воронка; 6 – загрузочный бункер; 7 – нагнетающий шнек; 8 – штурвал; 9, 12, 14, 17, 20 – цепные передачи; 10 – главный вал; 11 – блок шкива; 13 – блок звездочек; 15 – клиноременная передача; 16 – электродвигатель; 18, 34, 36 – валы; 19 – храповый механизм; 21 – винт; 22 – дели-

тельный барабан; 23 – упорная шпилька; 24 – мерный карман; 25, 26 – части поршня; 27, 31 – пружины; 28, 29 – ролики; 30 – собачка; 32 – рычаг; 33 – храповое колесо; 35 – кулачковый диск; 37 – сменная звездочка

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

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

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

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

5.2. Тестоделительная машина А2-ХТН

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

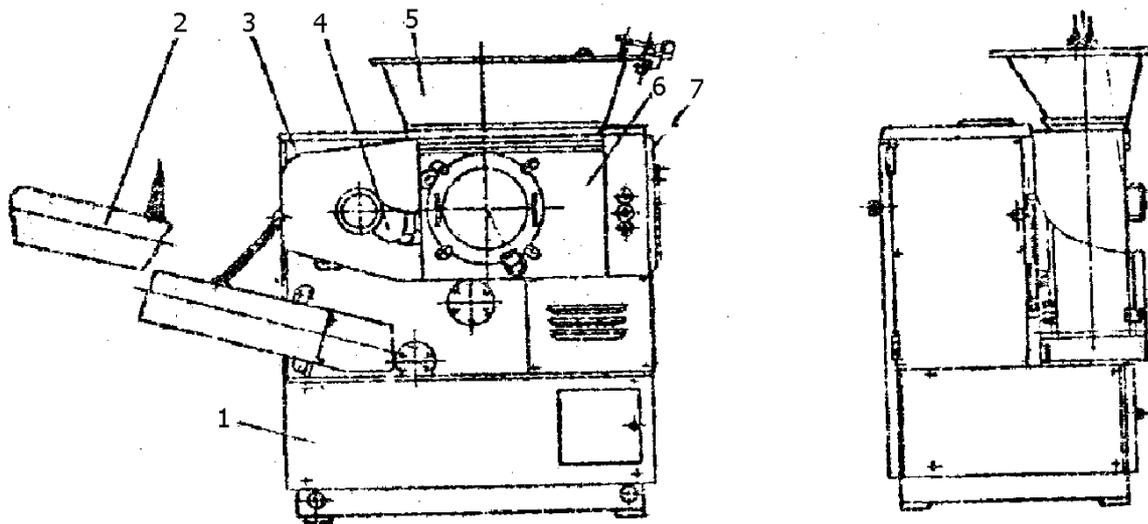


Рис. 12. Общий вид тестоделительной машины А2-ХТН:

1 – основание; 2 – транспортер; 3 – станина; 4 – делительная головка;
5 – приемный бункер; 6 – тестовая камера; 7 – щит управления

Деление теста осуществляется непрерывно вращающейся делительной головкой, расположенной в полусферическом козырьке 3 (см. рис. 13). В головке имеется сквозной мерный карман, в который вставлен двусторонний поршень 5. Из бункера тесто поступает в тестовую камеру, где оно захватывается непрерывно вращающейся лопастью 1, укрепленной на валу. При этом вначале заслонка 2 открыта и содержащиеся в тесте газы выталкиваются в бункер. Затем заслонка, поворачиваясь по часовой стрелке, закрывается. При достижении в

камере необходимого давления тесто лопастью нагнетается в мерный карман 4, когда он находится напротив тестовой камеры. При этом избыток теста, приоткрывая заслонку 2, дросселируется в тестовый бункер, что исключает перегрузку делителя. Открытие заслонки при дросселировании осуществляется благодаря растяжению пружины, установленной в приводе заслонки.

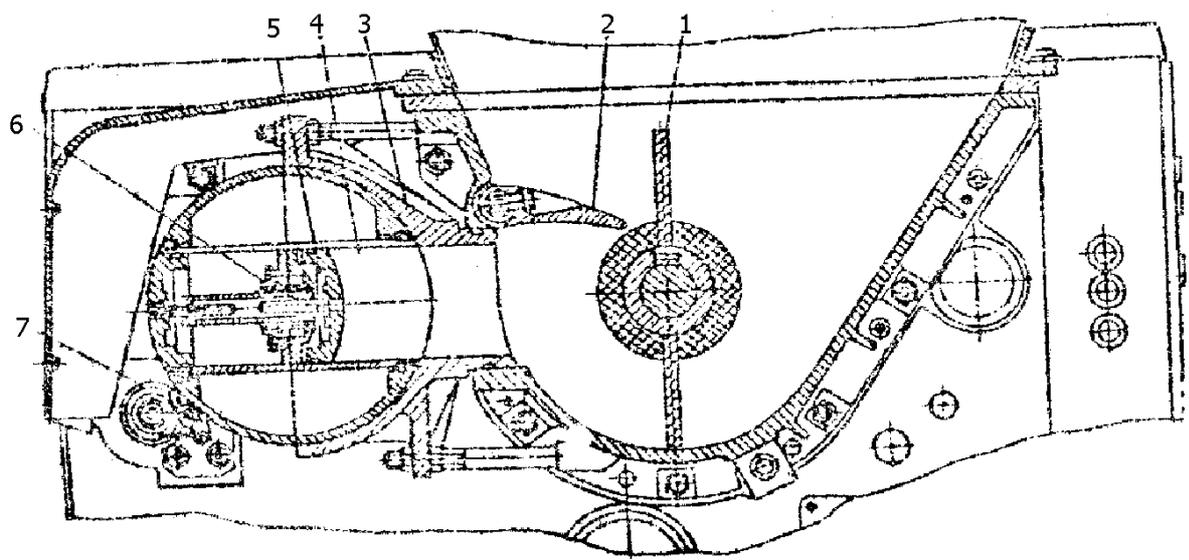


Рис. 13. Общий вид тестовой камеры с делительной головкой тестоделительной машины А2-ХТН:
 1 – лопасть; 2 – заслонка; 3 – козырек; 4 – мерный карман; 5 – поршень;
 6 – раздвигающий механизм; 7 – валик

При дальнейшем вращении делительной головки и полном со-
 вмещении мерного кармана с тестовой камерой нагнетаемое лопа-
 стью 1 тесто оказывает давление на поршень 5, который, освобождая
 мерный карман, одновременно выпрессовывает из него тесто. Отде-
 ленный кусок теста отсекается ножом и отбрасывается вращающимся
 валиком 7 на ленточный транспортер.

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

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

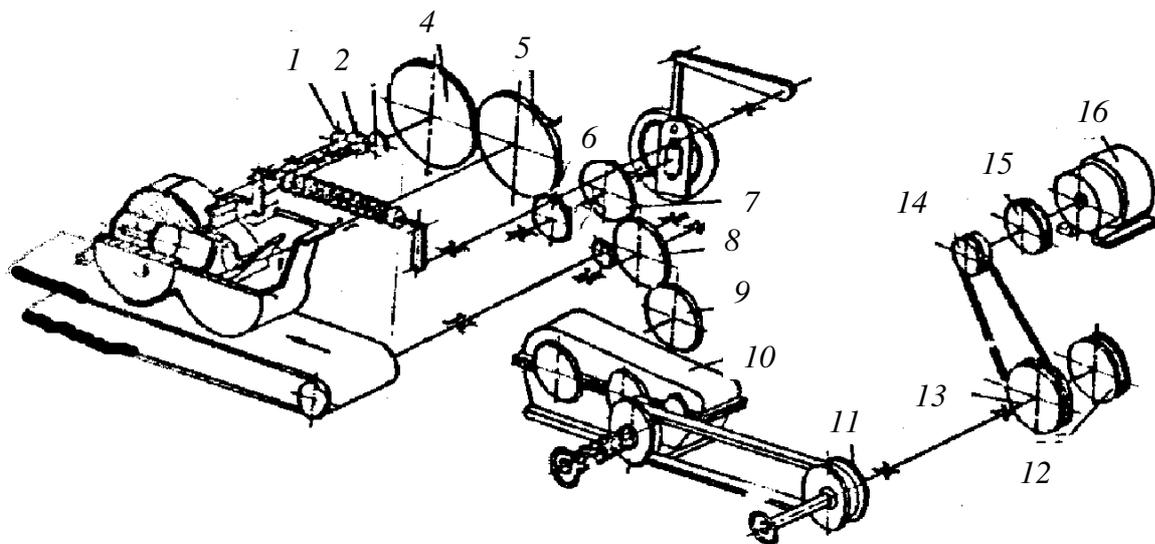


Рис. 14. Кинематическая принципиальная схема
тестоделительной машины А2-ХТН:

1–9 – зубчатые колеса; 10 – редуктор; 11 – клиноременный вариатор;
12–15 – шкивы клиноременных передач; 16 – электродвигатель

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

5.3. Тестоделительная машина РТ-2М

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

Делительный механизм машины представляет собой непрерывно вращающийся ротор 15 с четырьмя или шестью цилиндрическими мерными карманами 13. В каждый карман вставлен поршень 16 с роликом 14, который при вращении ротора обкатывается по профилю

неподвижного кулачка 17 и кулачка 18. Кулачок 17 служит для регулирования массы кусков теста, а кулачок 18 – для выталкивания поршней 16.

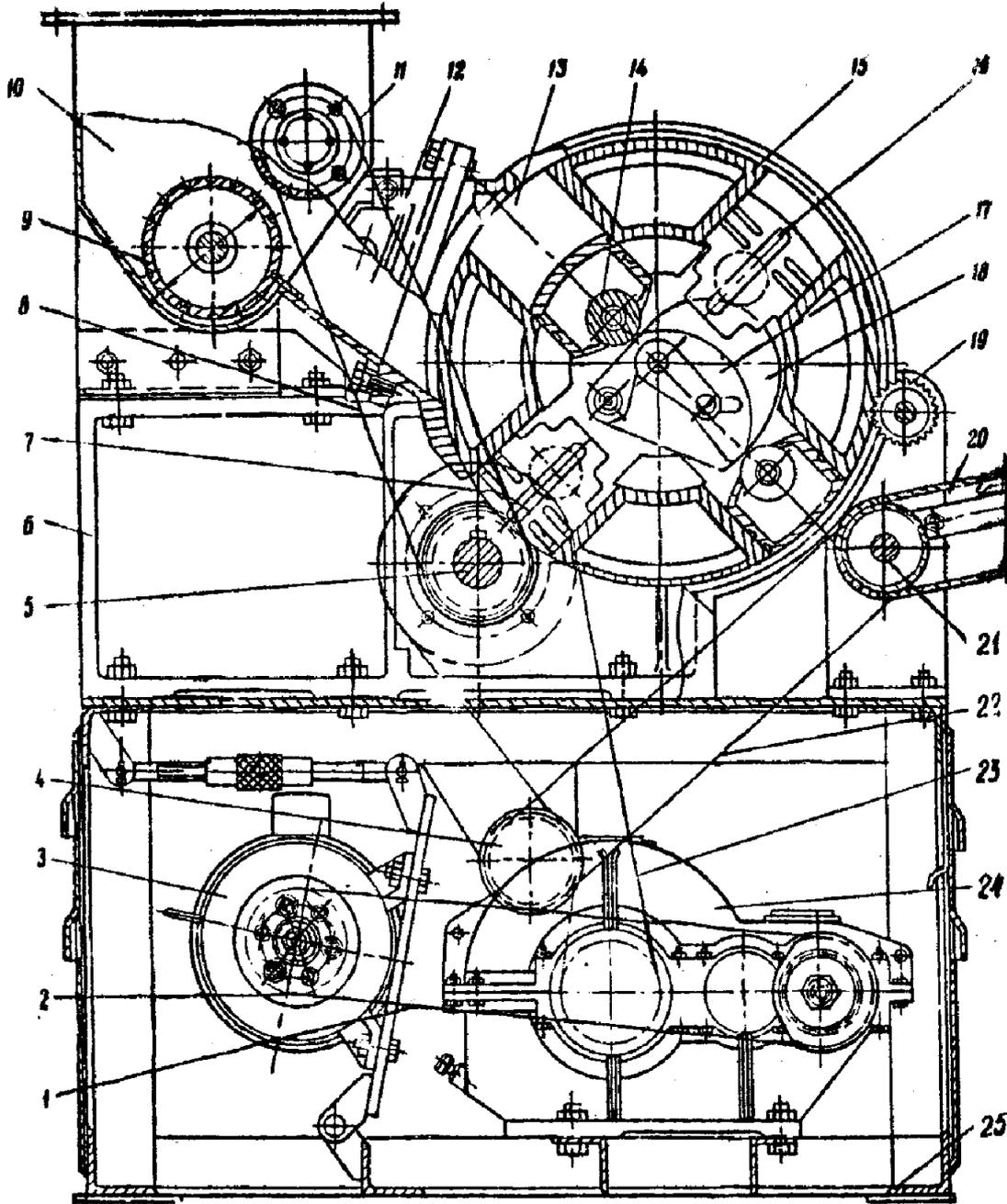


Рис. 15. Общий вид тестоделительной машины РТ-2М:

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

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

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

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

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

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

Кинематическая принципиальная схема тестоделительной машины РТ-2М представлена на рис. 16.

Машина выпускается с четырех- и шестикарманным ротором: первый применяется для деления теста на куски массой от 0,4 до 0,55 кг, второй – от 0,15 до 0,4 кг.

В настоящее время выпускаются различные модификации тестоделителя РТ-2М, предназначенные для деления теста на куски самой различной массы, в частности для деления теста при выработке

мелкоштучных сдобных и булочных изделий. К таким тестоделителям относятся РТ-2МА, РТ-2.01, РЗ-ХДП, РЗ-ХМД. В этих модификациях машин снижена металлоемкость, упрощена конструкция системы привода, применены новые эффективные материалы для рабочих органов, исключая необходимость смазки.

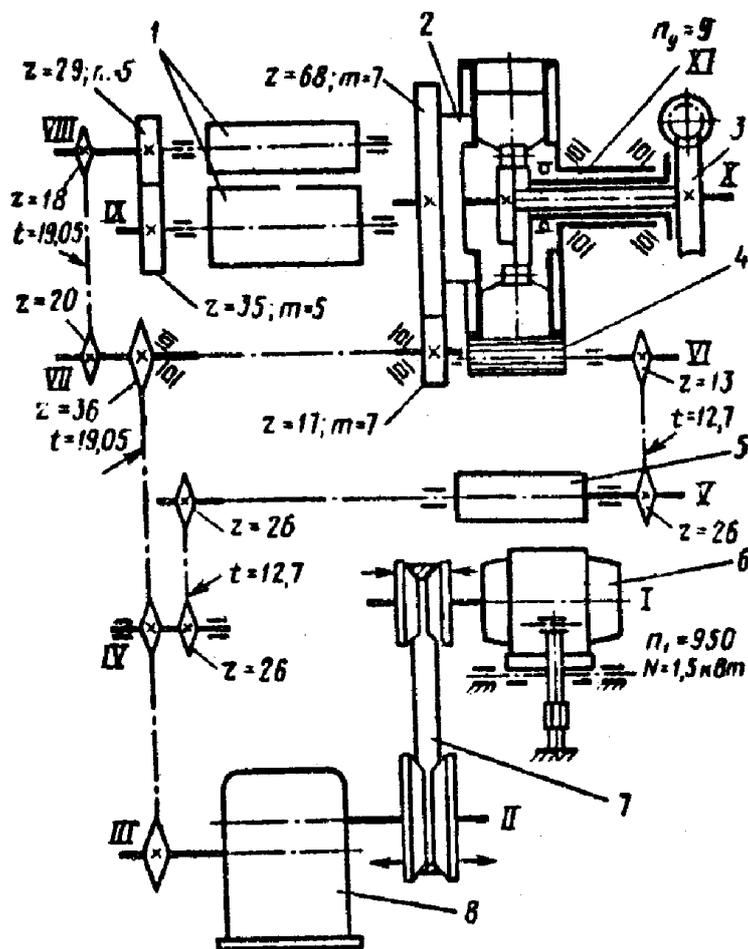


Рис. 16. Кинематическая принципиальная схема тестоделительной машины РТ-2М:

1 – нагнетающие валки; 2 – делительная головка; 3 – механизм регулирования массы заготовки; 4 – сбрасывающий валик; 5 – барабан ленточного транспортера; 6 – электродвигатель; 7 – вариатор; 8 – редуктор

5.4. Делительно-округлительный автомат А2-ХЛ2-С9

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

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

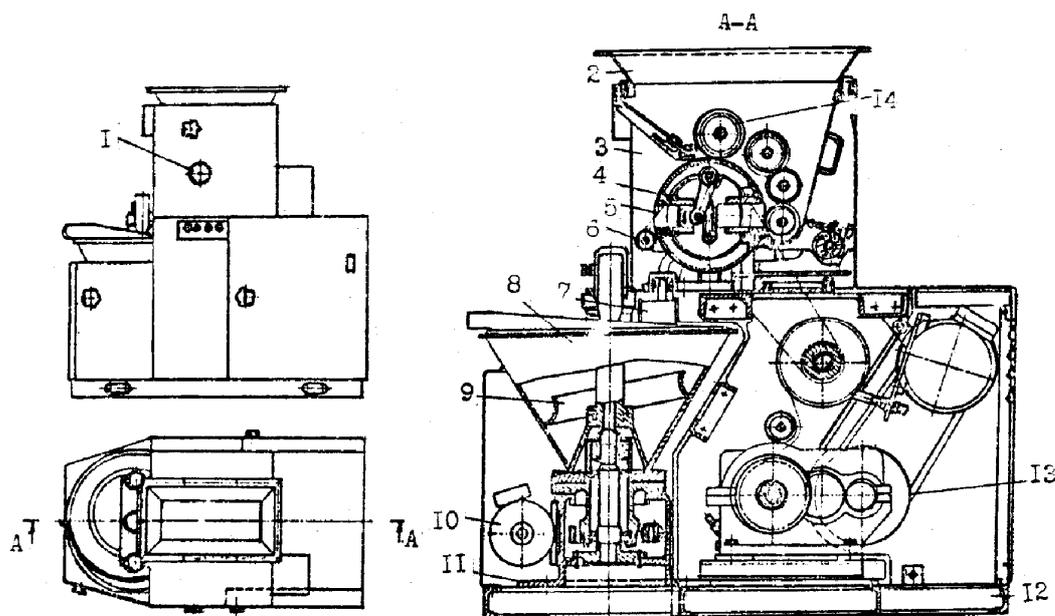


Рис. 17. Общий вид делительно-округлительного автомата А2-ХЛ2-С9:
 1 – регулировочный маховик; 2 – бункер; 3 – тестовая камера; 4 – делительный барабан; 5 – поршни; 6 – сбрасыватель; 7 – механизм направления; 8 – коническая чаша; 9 – спираль; 10 – привод; 11 – корпус; 12 – основание; 13 – привод, 14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

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

Возможны следующие варианты работы:

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

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

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

Техническая характеристика тестоделительных машин приведена в таблице.

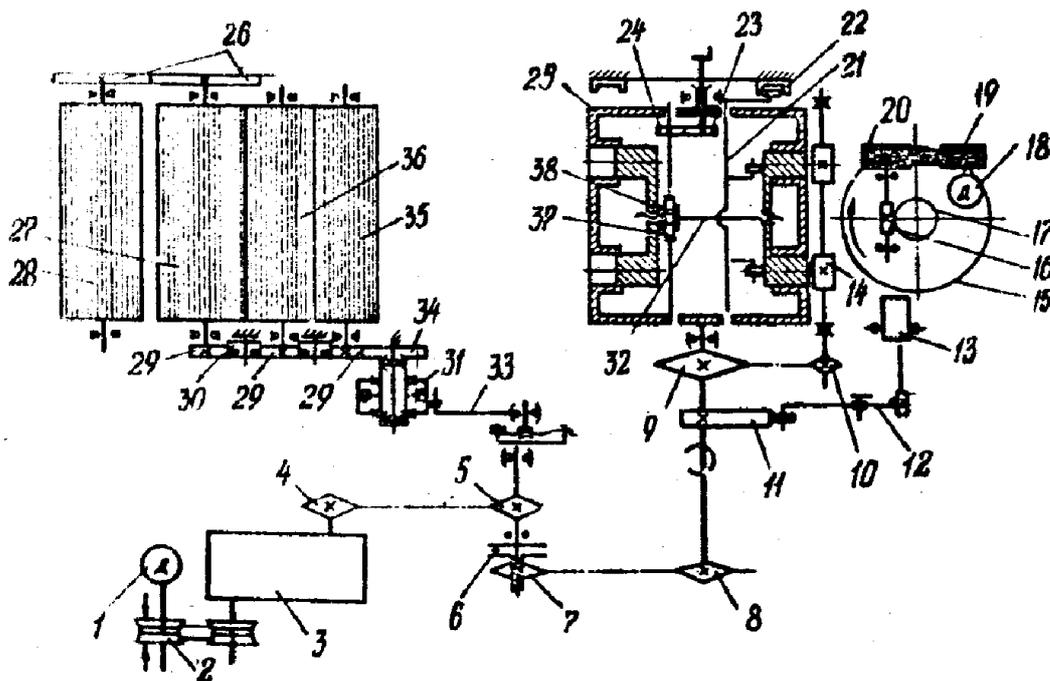


Рис. 18. Кинематическая принципиальная схема делительно-округлительного автомата А2-ХЛ2-С9:

1 – электродвигатель делителя; *2* – вариатор; *3* – редуктор; *4, 5, 7–10* – звездочки; *6* – предохранительная муфта; *11* – кулак; *12* – рычаг с толкателем; *13* – механизм направления; *14* – сбрасыватель; *15* – округлитель; *16* – червяк; *17* – червячное колесо; *18* – электродвигатель округлителя; *19, 20* – шкивы клиноременной передачи; *21* – вал с толкателями; *22* – копир; *23, 24, 26, 29, 30, 34* – зубчатые колеса; *25* – делительный барабан; *27, 28, 35, 36* – нагнетательные валки с ребордами; *31* – обгонная муфта; *32* – винт раздвигания поршней;

33 – кривошипно-шатунный механизм; 37, 38 – винтовые зубчатые колеса

Техническая характеристика тестоделительных машин

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

6. ОСНОВЫ РАСЧЕТА ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

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

6.1. Расчет тестоделительных машин со шнековым нагнетателем

При расчете следует учитывать ряд особенностей шнекового нагнетателя, который обычно работает непрерывно, а отбор отмеренных тестовых масс осуществляется периодически. В этом случае в рабочей и мерной камерах делителя давление изменяется от максимума в момент отсутствия отбора до минимума в момент заполнения мерной камеры. Давление на винтовую лопасть шнека перед каждой лопастью P' меньше, а за ней P'' – больше среднего значения, которое в камере прессования изменяется по закону, близкому к линейному (рис. 19).

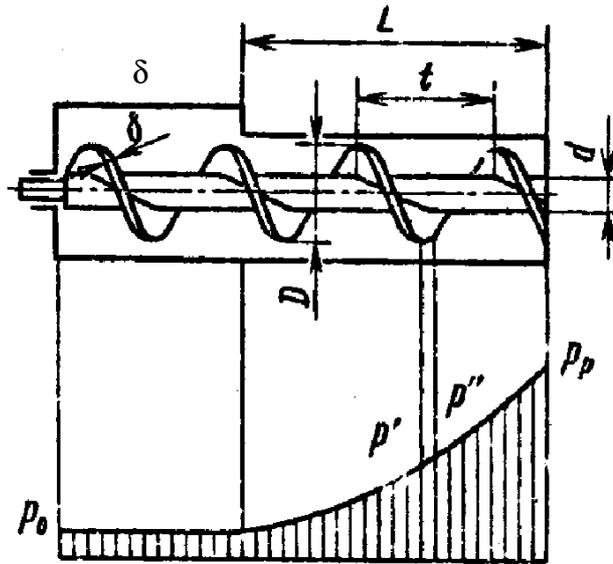


Рис. 19. Схема шнекового нагнетателя и эпюра давлений:
 D, d – диаметры шнека и его вала; L – длина рабочей части нагнетателя;
 P_0 и P_p – начальное и конечное давление; t – шаг шнека;
 δ – толщина витка шнека

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

$$K_0 = 1 - (\cos^2 \alpha_{cp} - 0,5f \sin^2 \alpha_{cp}), \quad (10)$$

где f – коэффициент трения.

Производительность одношнекового нагнетателя можно рассчитать по формуле, кг/с

$$\Pi = 0,127 (D^2 - d^2) (t - \delta) (1 - K_0) \rho \psi \omega, \quad (11)$$

где D – наружный диаметр шнека, м; d – диаметр вала шнека, м, определяемый конструктивными соображениями исходя из условия

$d \geq f \frac{t}{\pi}$; t – шаг винтовой образующей шнека, м; δ – толщина витка шнека, м; ρ – средняя плотность теста, кг/м³, при $P = (P_{max} + P_0)/2$, определяется по диаграмме состояния теста; ψ – коэффициент подачи теста, для нагнетателей с цилиндрической гладкой поверхностью $\psi = 0,2 \dots 0,3$; ω – угловая скорость вращения шнека, рад/с.

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

$$N = M_{кр} \omega, \quad (12)$$

$$M_{кр} = 0,131m (1 - K_0) P_{max} (D^3 - d^3) \operatorname{tg} \alpha_{cp}, \quad (13)$$

где m – число рабочих шагов шнека.

6.2. Расчет тестоделительных машин с валковым нагнетателем

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

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

$$\Pi = \pi \ell \delta \rho (R_1 n_1 K_1 + R_2 n_2 K_2). \quad (14)$$

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

$$\Pi = 2\pi R \ell \gamma n \rho K, \quad (15)$$

где ℓ – длина рабочей щели питателя, м; γ – ширина щели, м; ρ – средняя плотность теста, кг/м³; R_1, R_2 – радиусы валков, м; n_1, n_2 – частота их вращения, об/мин; K_1, K_2 – коэффициенты подачи теста, зависящие от диаметра валка и консистенции теста; для теста из пшеничной муки 1-го и высшего сортов $K = 0,7$ при $R = 0,15$ м, при уменьшении R снижается значение K .

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

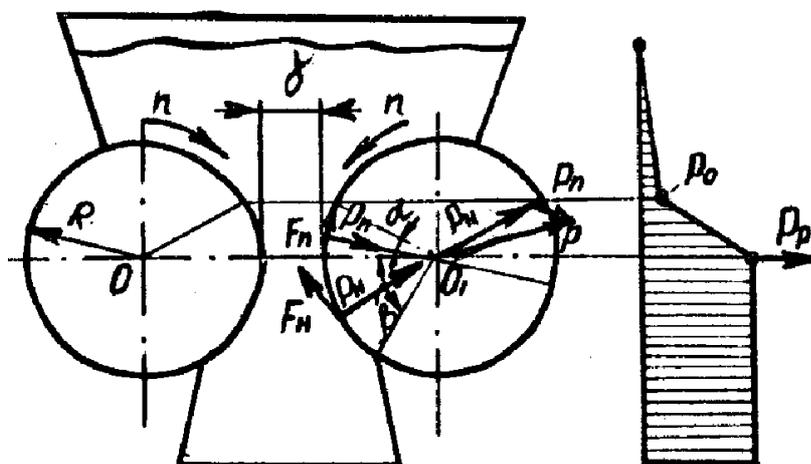


Рис. 20. Расчетная схема валкового нагнетателя и эпюра давлений

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

$$P_{\text{п}} = 0,5p_p R l \alpha, \quad (16)$$

$$P_{\text{н}} = p_p R l \beta. \quad (17)$$

Момент на питательном валке создается под воздействием тангенциальных сил $F_{\text{п}}$, $F_{\text{н}}$, возникающих в результате трения теста о валок и направленных в сторону, противоположную направлению вращения валков,

$$M_{\text{п}} = 0,5p_p R^2 l \operatorname{tg} \varphi, \quad (18)$$

$$M_{\text{н}} = p_p R^2 l \operatorname{tg} \varphi, \quad (19)$$

где φ – угол трения теста о валок ($25\text{--}30^\circ$), для теста пшеничного в зависимости от рецептуры и влажности $\operatorname{tg} \varphi$ изменяется от 0,47 до 0,57.

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

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

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

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

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

7. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА О РАБОТЕ

Отчет должен содержать (согласно заданию преподавателя):

- описание конструкции и принципа действия одной из тестоделительных машин, имеющихся в лаборатории кафедры;
- кинематическую схему тестоделительной машины;
- расчет тестоделительной машины.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Азаров Б.М.** и др. Технологическое оборудование хлебопекарных и макаронных предприятий. – М.: Агропромиздат, 1986. – 263 с.
2. **Антипов С.Т.** и др. Машины и аппараты пищевых производств. – М.: Высш. шк., 2001. – 384 с.
3. **Головань Ю.П.** и др. Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий. – М.: Агропромиздат, 1988. – 382 с.
4. **Хромеев В.М.** Оборудование хлебопекарного производства. – М.: Академия, 2000. – 380 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	1
2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	3
3. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН.....	3
4. АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ.....	10
4.1. Функциональная характеристика тестоделительных машин.....	10
4.2. Процессы, происходящие в рабочих камерах тестоделительных машин	11
4.3. Уравнения состояния теста и оптимизация давления в рабочей камере тестоделительных машин.....	12
4.4. Точность работы тестоделительных машин	14
5. НЕКОТОРЫЕ КОНСТРУКЦИИ ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН	15
5.1. Тестоделительная машина Кузбасс-2М-1	15
5.2. Тестоделительная машина А2-ХТН.....	19
5.3. Тестоделительная машина РТ-2М.....	21
5.4. Делительно-округлительный автомат А2-ХЛ2-С9	24
6. ОСНОВЫ РАСЧЕТА ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН.....	28
6.1. Расчет тестоделительных машин со шнековым нагнетателем.....	28
6.2. Расчет тестоделительных машин с валковым нагнетателем	30
7. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА О РАБОТЕ.....	32
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	33

Верболоз Елена Игоревна
Мовчанюк Евгений Владимирович
Арсеньев Владимир Владимирович

ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Методические указания
к лабораторной работе
для студентов специальности 260601
всех форм обучения

Редактор

Т.В. Белянкина

Корректор

Н.И. Михайлова

Компьютерная верстка

Н.В. Гуральник

Подписано в печать 20.12.2010. Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 1,86. Печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 1,88

Тираж 100 экз. Заказ № С 73

СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9
ИИК СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9