

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

П.В. Медведев,
И.А. Бочкарева,
В.А. Федотов

ТЕСТОПРИГОТОВИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Учебное пособие

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья

Оренбург
2019

УДК 664.65.05 (075.8)
ББК 36.83-5я73
М 42

Рецензент – доктор технических наук, профессор В. Ю. Полищук

Медведев, П.В.

М 42 Тестоприготовительное оборудование [Электронный ресурс] :
учебное пособие / П.В. Медведев, И.А. Бочкарева, В.А. Федотов;
Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 96 с.
ISBN 978-5-7410-2388-4

В учебном пособии приведены теоретические вопросы курсов «Технологическое оборудование», «Технология хлеба», «Технология мучных кондитерских изделий»; включено описание устройства и принципов работы современного тестоприготовительного оборудования.

Учебное пособие предназначено для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья.

УДК 664.65.05 (075.8)
ББК 36.82-5я73

ISBN 978-5-7410-2388-4

© Медведев П.В.,
Бочкарева И.А.,
Федотов В.А., 2019
© ОГУ, 2019

Содержание

Введение	4
1 Тестоприготовительные машины	7
1.1 Классификация, устройство и принцип работы	7
1.2 Определение технологических параметров тестомесильной машины с объемно-винтовым рабочим органом	29
1.3 Влияние интенсивности замеса дрожжевого теста на качественные характеристики пшеничного хлеба	31
2 Технологические расчеты тестоприготовительного оборудования.....	44
2.1 Расчет технических характеристик тестоприготовительного оборудования....	44
2.2 Расчет технологического оборудования для механизации выполнения финишных операций.....	65
3 Тестоприготовительные агрегаты	74
4 Оформление материалов курсового проектирования	79
4.1 Общие положения	79
4.2 Текстовая документация и её оформление	81
4.3 Графическая часть проекта	83
4.4 Тематика проектов	84
Список использованных источников	88
Приложение А.....	94

Введение

Современный хлебозавод является высокомеханизированным предприятием, на котором практически решены проблемы механизации производственных процессов, начиная от приемки сырья и заканчивая погрузкой хлеба в автомашины. Классификация технологического оборудования по разным принципам, общая схема производства хлеба и хлебобулочных изделий.

На хлебопекарном производстве осуществляется тестоприготовление (включая подготовку предварительных и дополнительных ингредиентов), разделка теста и непосредственная выпечка изделий. Тестоприготовительное отделение – один из наиболее важных участков на хлебозаводах.

Учебное пособие облегчает изучение студентами лекционно-практических курсов и знакомит с устройством, принципом действия, техническими характеристиками основного оборудования тестоприготовительного отделения хлебозаводов, от эффективности работы которого зависит качество выпускаемой продукции и ритмичная работа всего предприятия в целом.

Данное пособие поможет студентам при выполнении курсового и дипломного проектов, а также рассчитано на специалистов, занятых в хлебопекарном производстве.

В ряду отраслей пищевой промышленности производство хлеба, хлебобулочных и макаронных, а также кондитерских изделий занимает едва ли не самое первое место: как по объему) выпускаемой продукции, так и по её значимости.

Не менее важен и тот факт, что весь ассортимент этих изделий, насчитывающий тысячи наименований, должен быть доставлен потребителю в очень сжатые сроки. В связи с изложенным огромное значение приобретает совершенствование технологий изготовления продуктов, создания и применения соответствующего оборудования. Во всём многообразии видов оборудования,

применяемого для изготовления хлеба, хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий особое место принадлежит машинам для приготовления теста. Тестомесильные машины находятся в самом начале технологической цепочки; их качество, соответствие своему назначению, уровень совершенства во многом определяют и качество всей продукции в дальнейшем

Приготовление теста, его разделка, расстойка и выпечка являются основными производственными процессами хлебопечения, предопределяющими качество готовой продукции. Оборудование для этих технологических процессов составляет производственную линию.

Состав и компоновка тестоприготовительных агрегатов и тесторазделочных линий, принцип действия и конструкции тестомесительных, делительных и формовочных машин зависят от выбранных технологических схем производства и свойств перерабатываемого сырья. Как правило, хлебопекарное оборудование, имеющее одинаковое функциональное назначение, но обрабатывающее ржаные или пшеничные полуфабрикаты, существенно отличается по конструкции и характеру движения рабочих органов.

В производственных линиях хлебозаводов все большее распространение получают машины и аппараты периодического действия, позволяющие четко реагировать на колебания спроса и оперативно изменять ассортимент вырабатываемой продукции. Оборудование производственных линий должно обеспечивать поставки полуфабрикатов в широких пределах, так как значительное количество поступающего на предприятия основного сырья характеризуется пониженными хлебопекарными качествами.

Тестомесильные машины применяются на предприятиях хлебопекарной, кондитерской и макаронной промышленности для замеса теста. Процесс замеса заключается в смешивании муки, воды, дрожжей, соли, сахара, масла и других продуктов в однородную массу, придании этой массе необходимых физико-механических свойств и насыщении ее воздухом с целью создания благоприятных

условий для брожения. Замес не является простым механическим процессом: он сопровождается биохимическими и коллоидными явлениями, повышением температуры теста вследствие того, что затрачиваемая на перемешивание механическая энергия частично переходит в тепловую. Качество работы тестомесильных машин определяют качеством готовой продукции.

Замес густой опары и теста обычно осуществляется одностипными месильными машинами; замес жидких опар, питательных смесей для жидких дрожжей - специальными смесителями.

1 Тестоприготовительные машины

1.1 Классификация, устройство и принцип работы

Тестомесильные машины делятся по характеру работы на машины непрерывного и периодического действия, по типу емкости - на машины со стационарными емкостями и подкатными дежами; по расположению и характеру движения месильного органа. [1]

В зависимости от интенсивности тестомесильные машины делятся на три группы: обычные тихоходные (рабочий процесс не сопровождается заметным нагревом теста, удельный расход энергии от 5 до 12 Дж/г), быстроходные или машины для интенсивного замеса теста (рабочий процесс сопровождается нагревом теста на 5 °С, удельный расход энергии от 15 до 30 Дж/г), супербыстроходные или суперинтенсивные (замес сопровождается нагревом теста на 20 °С, что требует устройства водяного охлаждения корпуса месильной камеры, удельный расход энергии от 30 до 45 Дж/г). [2] Краткая классификация тестомесильных машин и тестоприготовительных агрегатов представлена на рисунке 1.1.

В хлебопекарном производстве используется разнообразное технологическое оборудование. В зависимости от установленного оборудования замес полуфабрикатов может осуществляться непрерывно или порционно. [3]

Расположение отделения зависит от схемы потока (вертикальная или горизонтальная), размещения силосного и тесторазделочного отделений. Оно может быть размещено в одном этаже с тесторазделочным отделением; может быть расположено непосредственно над тесторазделочным или смещено в вертикальной плоскости, с удобной передачей теста к тестоделителям [4]. Классическим примером машины периодического действия со стационарной месильной камерой является тестомесильная машина Т2-М-63.



Рисунок 1.1 – Общая классификация тестомесильных машин и тестоприготовительных агрегатов

Она состоит из металлической камеры корытообразной формы. Для обеспечения необходимой температуры при замесе камера имеет двойные стенки, между которыми циркулирует горячая вода. Подача и слив воды осуществляются через штуцеры. Камера закрыта стационарной крышкой с загрузочной воронкой.

Внутри камеры на горизонтальном валу укреплены четыре лопасти, расположенные одна относительно другой под углом 90° . Месильные лопасти приводятся в движение от электродвигателя ($N = 3$ кВт, $n = 1000$ об/мин) через клиноременную передачу, червячный редуктор и цепную передачу. Месильная емкость и все элементы, электродвигатель, редуктор смонтированы на станине, состоящей из плиты, двух боковых стоек, соединенных между собой стяжками. По окончании замеса теста выгрузка его производится опрокидыванием емкости с помощью механизма опрокидывания. После выгрузки месильную емкость возвращают в исходное положение. [5-8]

Тестомесильная машина М2М-50 представляет собой корытообразную емкость с крышкой, внутри которой вращаются навстречу друг другу два Z-образных месильных органа с различной частотой вращения. Корыто закреплено на станине, где расположен привод. Корыто имеет возможность поворачиваться вокруг оси одного месильного органа для выгрузки продукта. Поворот корыта осуществляется вручную при помощи червячной пары.

Для интенсивного замеса пшеничного и ржано-пшеничного теста может использоваться тестомесильная машина РЗ-ХТИ-3 (ТПИ-1). Машина также может применяться для замеса теста при выработке бараночных изделий. Эта машина устанавливается в агрегатах для приготовления теста ускоренным способом, а также может работать автономно.

Машина состоит из стационарной месильной емкости с полуцилиндрическим днищем, изготовленной из нержавеющей стали. Внутри емкости имеются два рабочих месильных органа, состоящих из Г-образных лопастей, соединенных между собой штангой. Каждый месильный орган имеет свой электродвигатель, причем

частота вращения одного отличается от частоты вращения другого. Конструкция месильного органа, благодаря применению различных скоростей правой и левой Г-образных лопастей, позволяет изменять его пространственное положение относительно опор. В результате тестовая масса подвергается всестороннему деформированию и равномерной механической обработке по всему объему месильной камеры. [9-11]

Перед пуском машину загружают сырьем. В первую очередь загружают жидкие компоненты, а затем сыпучие. Муку загружают в последнюю очередь через патрубок, смонтированный в неподвижной крышке. Крышка имеет два штуцера с пробковыми кранами для подачи жидких компонентов. Замес теста осуществляется в трех режимах движения месильного органа по заранее заданной программе в зависимости от хлебопекарных свойств муки. При необходимости замес теста может осуществляться в автоматическом режиме на двух скоростях. Необходимое время обработки на соответствующей скорости устанавливается при помощи реле, расположенного на панели пульта управления.

После того как процесс перемешивания закончен, корыто у тестомесильных машин наклоняют посредством механизма опрокидывания и готовое тесто выгружают. По окончании выгрузки корыто возвращается в первоначальное положение для загрузки сырья на следующий замес.

Внедрение машины РЗ-ХТИ-3 для интенсивного замеса теста сокращает процесс приготовления теста до 1,0 ч.

Если эта машина устанавливается на втором этаже, а тесторазделочное оборудование находится на первом, в этом случае для брожения теста используют бункеры-тестоспуски, по которым выброженное тесто поступает в воронку тестоделителя. Это компоновочное решение исключает использование подкатных деж.

Тестомесильные машины РЗ-ХТИ на ряде хлебозаводов komponуют с ленточными транспортерами для брожения теста, которые используются

одновременно и для подачи полуфабриката в делитель. С целью комплексной механизации процесса месильная машина РЗ-ХТИ может применяться с кольцевым дежевым конвейером для брожения теста. Машину РЗ-ХТИ монтируют и над вращающимся секционным бункером для брожения теста. Секции заполняют тестом поочередно.

На хлебопекарных предприятиях в настоящее время эксплуатируется свыше 700 тестомесильных машин РЗ-ХТИ-3. В процессе эксплуатации этих машин выявился ряд недостатков: ненадежность в работе подшипниковых опор рабочих органов, манжетных уплотнений крышки с месильной емкостью, повышенная металлоемкость, повышенные энергозатраты. [12]

Принцип работы тестомесильной машины Ш2-ХТА аналогичен машине РЗ-ХТИ, однако имеет более совершенную конструкцию, в которой рабочий орган имеет частоту вращения 60 и 90 об/мин.

В этой машине установлена новая автоматическая коробка скоростей с применением двух электромагнитных муфт типа ЭТМ-4. В результате рабочий орган приводится в движение от одного электродвигателя через коробку передач. Выходной вал коробки передач через втулочно-пальцевую муфту, цилиндрический редуктор и цепную передачу передает вращение промежуточному валу, от которого через цепную передачу приводится в движение рабочий орган.

Коробка передач имеет две пары зубчатых передач. Управление работой машины производится с пульта управления, смонтированного на машине. С помощью двух реле устанавливается режим обработки теста на первой и второй скоростях в зависимости от хлебопекарных свойств муки. Затем нажимается кнопка «Пуск», при этом включаются электродвигатель и электромагнитная муфта. После отработки заданного режима замеса на первой скорости автоматически отключается муфта и включается муфта второй скорости.

По окончании режима работы на второй скорости отключаются муфта и электродвигатель привода рабочих органов. При этом на пульте загорается лампочка «Конец замеса». [16]

По окончании замеса нажатием кнопки «Вниз» на пульте включается электродвигатель, который через клиноременную передачу, червячный редуктор и цепную передачу поворачивает втулку, жестко соединенную с торцевой стенкой емкости машины. Для выгрузки теста на пульте управления нажимают сразу две кнопки (выгрузка), которые включают электродвигатель привода рабочих органов и электромагнитную муфту второй скорости. Выгрузка осуществляется в течение от 3 до 45 с. Для возвращения месильной емкости в исходное положение нажатием кнопки «Вверх» включается электродвигатель. В крайних положениях месильная емкость останавливается с помощью конечных выключателей. Производительность тестомесильной машины Ш2-ХТА (по тесту) составляет от 750 до 900 кг/ч, продолжительность замеса от 2,5 до 3 мин.

Кроме указанной тестомесильной машины, разработана модификация двухскоростной тестомесильной машины Ш2-ХТ2-А (ТПИ-4) к тестоприготовительному агрегату Ш2-ХТД с конвейером для брожения теста Ш2-ХББ. В этой тестомесильной машине в приводе вместо электромагнитных муфт установлен единый цилиндрический редуктор, который имеет два входных и два выходных вала.

Месильные органы машины приводятся в движение от двух поочередно включающихся электродвигателей, обеспечивающих движение месильных органов соответственно с частотой вращения 90 и 60 об/мин. [17-19]

Машина Ш2-ХТ2-И состоит из основания, привода, редуктора, месильной емкости. Основание представляет собой площадку, на которую при помощи болтов крепятся стойки левая и правая. На стойках смонтированы опоры рабочего органа, месильная емкость, вал, натяжные устройства, щит управления, привод поворота емкости, фиксатор.

Месильная емкость представляет собой резервуар с полуцилиндрическим дном, выполненный из нержавеющей стали. Машина позволяет проводить замес по заранее заданной программе в зависимости от рецептуры и хлебопекарных свойств муки. Тестомесильная машина может входить в состав тестоприготовительного агрегата Ш2-ХБВ. Выгрузка осуществляется посредством поворота месильной емкости до упора и включения рабочего органа на 1 скорости. После окончания процесса выгрузки теста месильную машину возвращают в исходное положение.

Производительность тестомесильной машины по тесту составляет от 750 до 1200 кг/ч, продолжительность замеса от 3 до 5 мин. Машина предназначена для замеса кондитерского и другого теста в пекарнях малой производительности может использоваться тестомесильная машина Прима-40.

Конструкция месильного органа и дежи позволяет производить качественный замес не только при максимальной загрузке, но и при замесе двух- трех килограммов теста, что очень удобно при производстве малых объемов продукции. Машина имеет несъемную вращающуюся дежу и спиральный месильный орган, изготовленные из полированной нержавеющей стали. Дежа цельнотянутая. Для установки не требуется дополнительного крепежа или подставки, машина устанавливается непосредственно на пол. Расположение и конструкция дежи и месильного органа позволяют без усилий производить загрузку ингредиентов и выгрузку теста из дежи.

На базе тестомесильной машины системы Н.И. Ткачева и также используется в составе бункерных тестоприготовительных агрегатов средней и большой мощностей построена машина МТИПП-РМК. Замес производится в круглой вращающейся деже вместимостью 0,3 и 0,6 м³ с ф-образной лопастью из машины системы Н.И. Ткачева, однако конструктивные особенности тестомесильной машины МТИПП-РМК не предполагают подъем лопасти.

Выгрузка осуществляется той же лопастью через клапан, находящийся в центре днища дежи. В составе агрегатов БАГ машина работает непрерывно (без остановок

на загрузку и выгрузку). Разделение процесса замеса и брожения допускает замену дежей бункерами.

Для приготовления заварок и замеса полуфабрикатов жидкой консистенции (опар, заквасок) применяют заварочные машины.

Заварочная машина ХЗМ-300 состоит из цилиндрического корпуса с водяной рубашкой вместимостью 0,33 м³ с вращающейся внутри на горизонтальном валу лопастью. Крышка имеет две откидывающихся створки, в одну из которых вварена приемная горловина. Через неподвижную часть крышки внутрь машины проходит труба для подачи горячей воды. Внутри машины расположены четыре барботера, через которые подается пар при приготовлении заварки.

Охлаждающая вода поступает в рубашку по трубе. Машина снабжена термометром для наблюдения за температурой внутри корпуса. Устанавливается машина на постаменте. Привод винтовых лопастей осуществляется от электродвигателя через редуктор. В нижней части корпуса машины установлен патрубок с краном для выпуска готовой смеси.

При приготовлении заварки для пшеничного теста внутрь корпуса заливают воду, после чего включают электродвигатель и при непрерывно вращающихся лопастях засыпают муку. После образования равномерной смеси через барботеры пропускают пар, при этом происходит клейстеризация мучной болтушки. За температурой наблюдают по термометру. При достижении температуры от 65 °С до 70 °С подачу пара прекращают и открывают вентиль на трубе, подающей в рубашку машины холодную воду. После охлаждения заварка используется на технологические нужды.

При замесе полуфабрикатов жидкой консистенции в емкость заливается вода заданной температуры и при вращении винтовых лопастей постепенно засыпается мука. После перемешивания смесь по выходному патрубку поступает в транспортирующий насос и перекачивается в емкость для брожения. [20-22]

Машина Х32М-300 отличается от машины ХЗМ-300 тем, что вместо выпускного патрубка здесь установлена отборная труба и полуфабрикат из машины перекачивается насосом ШНК-18,5.

На хлебозаводах используют тестомесильные машины периодического действия с подкатными дежами. К этому типу машин относятся «Стандарт», Т1-ХТ2А, А2-ХТБ, А2-ХТ-2Б, А2-ХТ-3Б, ТММ-1М и др. Эти тестомесильные машины предназначены для замеса опар, заквасок и теста из пшеничной и ржаной муки. Применяются на предприятиях малой и средней мощности. [23-27]

Например, тестомесильная машина А2-Т2-64 предназначена для замеса закваски (опары) и теста из ржаной и пшеничной муки. Применяется в мини-пекарнях, хлебопекарнях кораблей и судов.

Машина тестомесильная марки А2-Т2-64 состоит из механизма замеса, водоподготовительного бачка, трех деж и щита управления. Механизм замеса состоит из основания, в колонне, которого установлена пиноль с возможностью перемещения вверх и вниз. К пиноли прикреплена плита. На плите находятся привод механизма замеса и привод подъема и опускания месильного рычага. Привод механизма замеса состоит из электродвигателя, редуктора, промежуточного вала и клиноременной передачи.

Привод подъема и опускания месильного рычага состоит из электродвигателя, редуктора, клиноременной передачи, винта и гайки. Корпус гайки вставлен в пазы колонны основания и крепится винтами. К внутренней поверхности пиноли прикреплен упор концевых выключателей нижнего и верхнего положений месильного рычага. Рабочие зоны приводов подъема и опускания и замеса защищены крышкой, исключающей возможность травматизма. Водоподготовительный бачок предназначен для нагрева воды до необходимой температуры и ее дозирования. Нагревание воды осуществляется двумя электронагревателями. Для предотвращения переливания воды из бачка в корпусе предусмотрена переливная труба.

Щит управления состоит из пульта, в котором находится аппаратура

управления и защиты тестомесильной машины.

В одну из деж из водоподогревательного бачка заливают необходимое количество воды требуемой температуры, загружают другие компоненты, предусмотренные рецептурой, и засыпают муку. После загрузки дежа подводится под месильный рычаг механизма замеса, фиксируется, и включается привод подъема и опускания месильного рычага механизма замеса. Месильный рычаг опускается в дежу в рабочее нижнее положение, включается привод замеса, и производится замес опары (закваски, теста).

После замеса включается привод подъема и опускания, месильный рычаг поднимается, дежа отводится, а загруженная сырьем другая дежа подводится под месильный рычаг, и процесс повторяется. [28]

Для порционного замеса теста различной консистенции в кондитерских цехах хлебозаводов и предприятий общественного питания широко используют малогабаритную тестомесильную машину МТМ-60М. Она состоит из корпуса, съемной дежи и месильного органа. Замес теста производится месильным рычагом, совершающим сложное движение – прямолинейно-поступательное вверх и вниз при одновременном вращении съемной дежи.

Машины серии Прима-160 и Прима-300 предназначены для высококачественного замеса теста из пшеничной, ржаной и муки смешанной валки при влажности теста не менее 37 % в малых пекарнях, предприятиях общественного питания (Прима-160) и на хлебозаводах (Прима-300). Достоинством машин является возможность замеса теста на двух скоростях с одновременным принудительным вращением дежи.

На хлебозаводах используют тестомесильные машины непрерывного действия. К этому типу машин относятся тестомесильные машины Х-12 (Х-12Д), Х-26А, И8-ХТА-12/1, конструкции Хренова, Прокопенко, РЗ-ХТО, А2-ХТТ, ТМН-70 и др. Они используются в составе тестоприготовительных агрегатов. В этих машинах рабочая камера выполняется, как правило, в виде корытообразной емкости, в которой располагаются один или два горизонтально вращающихся вала с месильными лопастями.

Принцип работы этих машин сводится к следующему. Мука подается в трубу автоматического питателя. Уровень муки в нем поддерживается электромеханическими датчиками уровня и дозирочным барабаном, скорость вращения которого регулируется изменением длины кривошипа. Одновременно с мукой подаются жидкие компоненты от дозирочной станции. Лопастей тестомесильного вала (валов) непрерывно замешивают тесто или опару и передвигают его к выходному отверстию.

Машина Х-12Д состоит из дозатора муки, корпуса тестомесильной машины, привода, ограждения, автоматического питателя для муки, автоматической дозирочной станции ВНИИХПа.

Мука из силосного отделения питающим шнеком, не входящим в комплект агрегата, подается в трубу автоматического питателя для муки по сигналу электромеханического датчика, установленного в трубе. Из трубы питателя мука дозируется в корпус тестомесильной машины дозирочным барабаном (турникетом) дозатора, представляющим собой секционный барабан с шестью карманами. Дозирование муки осуществляется изменением частоты вращения турникета, который приводится во вращение кривошипно-шатунным механизмом через фрикционный храповик, ворошитель муки – через тягу.

Корпус тестомесильной машины закрывается крышкой с электроблокировочным устройством и установлен на специальной раме. В днище корпуса имеется выходное отверстие для выхода опары (теста). Привод машины монтируется на отдельной плите и состоит из электродвигателя, редуктора и приводной шестерни. [29]

Машина РМК предназначена для бункерных агрегатов Л4-ХАГ-6, Л4-ХАГ-13. В отличие от машины Х-12 имеет удлиненное корыто, дополнительные лопатки и перегородку, а также неподвижные планки на стенках корпуса. Для непрерывного транспортирования замешенной массы и дополнительной механической обработки теста устроен шнековый подаватель, работающий от привода месильной машины.

Машина Х-26А предназначена для непрерывного замеса опары или теста. Машина состоит из узла замеса теста, дозатора муки объемного принципа, питателя муки, привода, пульта управления. Снабжается автоматической дозировочной станцией для жидких компонентов ВНИИХП-06.

Узел замеса теста представляет собой корыто, в котором вращаются навстречу один другому два месильных вала с лопатками. В конце корыта в его нижней части расположен выходной патрубок прямоугольной формы с фланцем.

На корыто, в его начале, установлен дозатор муки, на котором расположен питатель муки, имеющий датчики верхнего и нижнего уровня муки. Дозатор муки представляет собой литой корпус, в котором вращается барабан с карманами для муки. Для регулирования производительности дозатора изменяют частоту вращения барабана. Время и интенсивность замеса регулируют, изменяя угол наклона лопаток на месильных валах. Данная машина входит в состав тестоприготовительного агрегата И8-ХАГ-6, но может применяться и в других агрегатах.

Тестомесильная машина конструкции Хренова отличается от машины Х-12 наличием шнека, подающего полуфабрикаты в аппарат для брожения, большим числом месильных лопастей (их 10) и значительно большей частотой вращения вала месильной машины (260 об/мин).

Машина РЗ-ХТО предназначена для непрерывного замеса теста из пшеничной муки первого и высшего сортов с высокой степенью его механической обработки и входит в состав тестоприготовительной установки РЗ-ХТН. Тестомесильная машина РЗ-ХТО состоит из камеры предварительного смешивания, камеры для интенсивной обработки теста (пластификатора), приводов камеры предварительного смешивания и пластификатора, станины, щита управления.

В корпусе камеры предварительного смешивания на подшипниках установлены месильные валы (правый и левый), вращающиеся навстречу друг другу. Каждый вал оснащен рабочими органами в виде двух объемных шнеков, спиральной и плоской лопастей. На корпусе камеры установлена приемная воронка

с горловиной для муки, патрубками для жидкой опары и других компонентов теста и крышками для чистки. Литой корпус пластификатора закрыт съемной крышкой. В нем расположены два месильных органа, вращающихся навстречу друг другу.

При работе машины мука из весового дозатора подается в горловину приемной воронки, дозированная жидкая закваска (опара) и жидкие компоненты через патрубки приемной воронки попадают в камеру предварительного смешивания. Предварительно замешенное тесто через патрубок продавливается в пластификатор, где валками производится интенсивная механическая обработка теста. Привод рабочих органов в камере осуществляется от мотор-редуктора мощностью 2,2 кВт через цепную передачу. Валки пластификатора вращаются от электродвигателя мощностью 17 кВт через клиноременную передачу. При замесе теста на этой машине от 10 % до 15 % увеличивается удельный объем теста, улучшается структура, пористость, белизна мякиша. Период замеса сокращается на 15 %, продолжительность брожения – на 10 %.

Бачок представляет собой емкость прямоугольной формы, снаружи армированную теплоизолирующим материалом. Сверху емкость бачка закрыта крышкой, на которой закреплены штуцер для подвода воды от двухкомпонентной дозировочной станции и патрубок для спуска излишков пара в атмосферу. На лицевой панели бачка установлен в металлическом чехле угловой термометр для определения температуры горячей воды.

В задней стенке бачка закреплен штуцер, к которому подсоединяется трубопровод с вентилем для транспортирования пара. Внутри бачка к штуцеру с помощью переходника закреплена изогнутая перфорированная трубка с круглыми отверстиями, по которой перегретый пар по паропроводу поступает в налитую в бачок воду.

Тестомесильная машина Т-101, предназначена для непрерывного замеса опары и теста. Состоит из корыта с рабочими месильными органами, крышки, ограждения и привода.

Корыто с лопатками предназначено для непрерывного перемешивания поступающих в него муки и растворов, а также для подачи замешенного теста к выгрузочному патрубку. На специальном валу жестко закреплены восемь лопаток. Угол установки лопаток может регулироваться. Вал вращается в двух разъемных подшипниках скольжения, установленных на уголках, приваренных к торцевым стенкам корыта.

Торцевые стенки очищаются от налипающего теста скребками, закрепленными на валу. Отверстия в торцевых стенках, через которые проходит вал уплотнены втулкой и уплотнительным кольцом. На правом конце месильного вала установлен упорный однорядный подшипник, воспринимающий осевую нагрузку. Внутри тестомесильного корыта установлены две съемных перегородки и три неподвижных пальца. Они способствуют лучшему промессу теста.

Привод машины состоит из электродвигателя, соединенного упругой втулочно-пальцевой муфтой с червячным редуктором. На выходном валу червячного редуктора жестко закреплена шестерня, входящая в зацепление с шестерней, установленной на валу машины. Привод и корыто машины смонтированы на сварной раме из швеллеров и уголков. Сверху машина закрыта легкоъемной крышкой из органического стекла. В днище корыта расположен выпускной патрубок, который при необходимости может быть перекрыт выдвигаемым шибером. Все вращающиеся детали привода закрыты.

При работе машины мука и все жидкие компоненты определенными порциями подаются из соответствующих дозаторов в месильную машину, где перемешиваются лопатками месильного вала в первой зоне корыта, замешиваются во второй зоне и транспортируются к выходному патрубку в третьей. Из патрубка полуфабрикат направляется для дальнейшей обработки.

Вращение месильного вала с лопатками осуществляется от электродвигателя через муфту и червячный редуктор. С шестерни, установленной жестко на приводном валу червячного колеса движение передается шестерне, закрепленной на

месильном валу. Производительность тестомесильной машины может быть изменена в результате варьирования частоты вращения месильного вала, угла наклона лопаток к оси вала и изменением проходного сечения отверстия выходного патрубка с помощью выдвижного шибера.

Тестомесильная машина непрерывного действия, входящая в состав агрегата ВНИИХП-Т-4 предназначена для непрерывного замеса теста из пшеничной и ржаной муки. Машина состоит из сдвоенного корыта, постаменты, крышки, месильного вала и привода. На боковых стенках корыта расположены два штуцера для подачи жидких компонентов теста, а в днище у левой торцевой стенки находится разгрузочный патрубок для подачи замешенного теста в тестоспуск. Откидывающиеся крышки представляют собой изогнутые металлические рамки с вставленными листами из органического стекла.

У правой торцевой стенки над корытом расположен кронштейн, изготовленный из уголков, на котором устанавливается дозатор муки объемного действия. Вдоль корыта расположены два месильных вала, на которых укреплены лопасти. Лопасти установлены по винтовой линии и под углом 45° к оси вала. Угол их наклона можно менять в зависимости от производительности машины. Лопасти закреплены в месильных валах с помощью затяжных гаек. Оба месильных вала имеют сальниковые уплотнения и вращаются в разъемных подшипниках, установленных в торцевых стенках корыта.

Привод машины состоит из электродвигателя, червячного редуктора и цилиндрических шестерен. Для предупреждения прилипания теста к торцевой стенке на валу укреплен скребок. Работа привода заблокирована с откидывающимися крышками. При открывании одной из них электродвигатель автоматически выключается, что повышает меры безопасности при обслуживании машины.

При работе машины в месильное корыто сверху через люк из дозатора муки непрерывно поступает мука и жидкие компоненты (вода, раствор дрожжей, закваски, соли, сахара и т. д.) через штуцеры, вмонтированные в боковые стенки

корыта из четырехкомпонентной дозировочной станции непрерывного действия. Мука и жидкие компоненты подвергаются механическому воздействию месильного вала, в результате чего происходит их смешивание, замес и одновременное перемещение замешанного теста к разгрузочному патрубку, из которого оно поступает в тестоспуск. Вращение месильных валов с лопастями осуществляется от электродвигателя через муфту, редуктор и цилиндрические шестерни.

Двухвальная машина Топос КВТ-1000 со спиралеобразными месильными лопастями, размещенными в закрытой камере. Машина состоит из закрытой месильной камеры, выполненной в виде сомкнутых цилиндров с двумя герметичными крышками, закрепленными на шарнирах. Внутри камеры расположены два параллельных вала со спиральными лопастями. Патрубок имеет окно для визуального контроля за подачей муки. Жидкие компоненты в месильную камеру подаются через специальный патрубок на выпускном окне смонтированы две заслонки с винтовым приводом для регулирования степени заполнения камеры тестом. Готовое тесто выходит из камеры в виде пласта на транспортер. Месильная камера установлена на станине, в которой смонтировано приводное устройство и пульт управления. Принцип работы машины состоит в следующем. В рабочую камеру непрерывно подается мука и жидкие компоненты. Замес осуществляется в горизонтальной камере с помощью двух спиралеобразных лопастей, вращающихся во встречных направлениях. Подача муки в машину осуществляется от периодически действующего весового устройства через пластиковый прозрачный рукав, подключаемый к патрубку. Все жидкие компоненты дозируются ротационными насосами, смешиваются с темперированной водой и подаются в машину через специальный патрубок. Замешенное тесто выходит из машины через отверстие, снабженное двумя выпускными заслонками, регулирующими заполнение месильной камеры и длительность замеса. [30]

Тестомесильная машина Конпетуга представляет собой высокомеханизированный агрегат, включающий, кроме двухкамерной

тестомесильной машины, приготовители, питательные емкости и дозаторы, оснащенные автоматическим регулированием дозировочных и питающих систем с поддержанием постоянства консистенции теста.

Дозировочная система агрегата оборудована тремя бункерами для сыпучих компонентов (мука, крахмал, спецдобавки). Уровень в бункерах поддерживается с помощью емкостных датчиков. Под каждым бункером имеются дозирующие шнеки, которые подают сыпучие компоненты на транспортер. Возле транспортера установлены специальные емкости, в которые с помощью трех качающихся клапанов можно регулярно отбирать пробы компонентов, идущих на замес.

На нижнем основании машины установлены смесительные емкости для приготовления растворов дрожжей, сахара и соли. Емкости с мешалками предназначены для пастообразных масс (например, опар или жира), которые подаются по трубам в приемную шахту смесителя. Остальные жидкие компоненты через трубы поступают в сборник, откуда самотеком в приемную шахту смесителя. Из приемной шахты смесителя компоненты поступают через распределитель в двухвальный смеситель, на котором имеются витки шнека с различным шагом. Привод смесителя отдельный. Тестомесильная машина снабжена устройством, позволяющим изменить дозировку отдельных компонентов.

После смесительной камеры (гомогенизатора) масса поступает в месильную камеру, где расположены два месильных вала с кулаками специальной формы. Замешенное тесто выходит из машины через мундштук, снабженный регулятором. Готовое тесто поступает на ленточный транспортер.

Машина легко разбирается для очистки месильных камер и шнеков. Корпус отсоединяют от фланцев со стороны привода и откатывают по рельсам, освобождая доступ к месильным кулакам. Для очистки корпусов месильных камер отсоединяют наружные фланцы и отворачивают их на шарнирах.

Все жидкие компоненты дозируются ротационными насосами, смешиваются с темперированной водой и подаются в машину через специальный патрубок.

Все детали машины выполнены из коррозионностойких материалов; корпуса месильной камеры и смесителя – из нержавеющей стали; месильные кулаки и торцевые дверки месильных камер – из поверхностно-легированного алюминия.

Установка занимает площадь размерами 7 на 4,5 м², высота 3,5 м. Такие тестомесильные машины выпускаются шести типоразмеров производительностью от 400 до 4000 кг/ч. [31]

Для приготовления жидких опар, заквасок, мучных питательных смесей, а также других компонентов при влажности смеси от 65 % до 95 % используют тарельчатый смеситель И8-ХТМ КТИПП.

Смеситель состоит из рабочей камеры, выполненной в виде двух цилиндров различного диаметра. В ней расположен консольный главный вал со смесительными элементами. Первая камера предварительного смешивания с меньшим диаметром, в ней на рабочем валу закреплены цилиндрические стержни, расположенные по винтовой линии. Вторая камера гомогенизации с большим диаметром, в ней на валу установлены рабочие тарелки, которые обеспечивают высокоинтенсивный замес.

Стержни на первой стадии замеса предотвращают образование комьев, а тарелки размывают смесь до однородной массы без нарушения структуры мучнистых частиц и травмирования бактерий. Мука в камеру подается через патрубок с помощью роторного дозатора с индивидуальным приводом и устройством для независимого регулирования подачи. Жидкие компоненты через патрубок подаются в распределительное устройство.

Машина оснащена сливной трубой, которая с помощью дистанционного исполнительного механизма может перемещаться по высоте и тем самым регулировать рабочий объем, что равносильно изменению длительности замеса. Успокоительная решетка служит для стабилизации уровня слива. Тиристорный привод позволяет регулировать частоту вращения дисков от 3 до 30 с⁻¹. Конструкция смесителя соответствует современному техническому уровню и может быть включена в систему с автоматическим регулированием параметров процесса.

На хлебозаводах используют тестомесильные машины сверхмалой мощности. Для замеса теста различной консистенции в цехах выпечки и изготовления хлеба, пиццы, печенья, пирожных, тортов; перемешивания паштетов, пюре, майонеза, соусов и других пищевых смесей; взбивания сливок, мороженого, кремов; перемешивания фарша и т. д. на предприятиях пищевой промышленности и других организациях по производству продуктов питания часто используют миксеры планетарные.

Так, например, миксер МП-10 снабжен тремя легко устанавливаемыми инструментами: взбивалкой, лопаткой, крючком, которые позволяют взбивать, смешивать, замешивать любой продукт питания. Автоматический регулятор скорости, установленный в миксере, позволяет устанавливать необходимые частоты вращения инструмента к различным типам замешивания. Съёмная дежа, а также быстрая смена и установка инструмента позволяет уменьшить время работы оператора. Основание миксера покрашено краской, не допускающей царапин, легко чистящееся. Детали, контактирующие с пищевыми продуктами, выполнены из нержавеющей стали. Миксер настольного варианта. Миксер изготовлен категории размещения 4 по ГОСТ15150-69 в климатическом исполнении УХЛ для эксплуатации при температуре от +10 °С до +40 °С. Миксер имеет ременную передачу.

Планетарный миксер РУНЛ В-20F предназначен для замеса самых разнообразных сортов теста - для пиццы, хлеба, печенья, круассанов, рогаликов, заварного, бисквитного, песочного теста, безе, а также для приготовления пюре, майонеза, различных соусов, взбитых сливок. Рабочая емкость дежи 20 литров

Модель В-20F РУНЛ устанавливается на столе. Корпус покрыт стойкой к механическим воздействиям краской; части, находящиеся в контакте с пищевыми продуктами (дежа, лопатка, крюк, венчик) выполнены из нержавеющей стали; на крышке и на деже имеется предохранительный микровыключатель; оснащен съёмной дежой.

Три скорости (для теста, ингредиентов и яиц) регулирование вращения месильного органа миксера позволяют подобрать оптимальные режимы замеса для различных видов теста и крема и обеспечивают высочайшее качество производимого замеса.

Миксер VFM-20 используется для замеса различных видов теста (бисквитное, песочное, дрожжевое и т.д.), приготовления кремов и других кондитерских масс. Планетарное вращение месильного органа позволяет осуществлять более равномерный промес замешиваемой массы по всему объему дежи. Применяется на предприятиях общественного питания, пищевых производствах и т.д. Комплектуется дежой и тремя сменными насадками: венчик, лопатка и крюк.

Миксер планетарный Escher PM 20-3 предназначен для приготовления различных видов теста: дрожжевого, слоеного, заварного, белкового, бисквитного, а также взбивания кремов, перемешивания мясного фарша и картофельного пюре. Планетарное вращение месильного органа позволяет осуществлять более равномерный промес тестовой массы по всему объему дежи.

Миксер планетарный Tekno Stamp C-Line 40 предназначен для замеса различных видов теста (бисквитного, белкового, заварного, песочного, дрожжевого, слоеного), приготовления кремов и различных кондитерских масс. Простая в использовании панель управления - одно из главных достоинств этой модели, позволяет оператору регулировать скорость и время вращения месильного органа.

- панель управления оборудована: таймером, электронным вариатором скорости;
- подъем и опускание дежи осуществляется вручную;
- тип трансмиссии - ременная передача;
- оснащены защитным прутковым экраном с загрузочным отверстием;
- максимальная частота вращения рабочих органов до 415 об./мин;
- частота вращения месильного органа относительно дежи от 30 до 125 об./мин.;

- стальной окрашенный корпус.

Тестомесительная машина ТСТ-79 предназначена для приготовления теста, используемого для выпечки вафельных стаканчиков, сахарных рожков, листовых вафель. Данное устройство отличается более высокой производительностью и сокращенным временем приготовления смеси по сравнению с со смесителями традиционного типа, использующих венчиковый узел смешения.

Состав оборудования: установка состоит из загрузочного бункера, корпуса, с расположенным в нём электродвигателем, на валу которого закреплён специальный ротор, системы охлаждения вращающегося узла и электронного пульта управления.

Спиральные тестомесы Gastrotop ДН-20В предназначены для замеса различных сортов теста и широко используются на хлебопекарных предприятиях, в кондитерской и макаронной промышленности, а также в сфере общественного питания.

Тестомесы ДН просты в использовании и имеют привлекательный дизайн, могут быть как односкоростные, так и двухскоростные, с возможностью переключения скорости без предварительной остановки в процессе работы. Все тестомесы оснащены ременной передачей, корпус выполнен из металла, окрашенного в белый цвет, детали контактирующие с продуктом, в т.ч. из нержавеющей стали.

В процессе работы происходит одновременное вращение дежи и месильного органа, что в значительной степени повышает скорость и улучшает эффективность перемешивания.

Тестомес Pizza Group TFM10/15 с фиксированной головкой. Тестомес с фиксированной головкой и дежой. Все контактирующие с продуктами детали изготавливаются из нержавеющей стали. Низкий уровень шума за счет автоматического регулирования натяжителя цепи.

Спиральные 2-х скоростные тестомесильные машины Sinmag SM-50 используются для интенсивного замеса теста (влажностью от 54 %) из пшеничной и ржаной муки.

Машины снабжены таймерами, регулирующими время работы тестомеса на 1-ой и 2-ой скорости. 1-ая скорость предназначена для перемешивания сырья, 2-ая - для замеса теста. Благодаря этому, а также спиральной форме месильного органа, процесс замеса теста происходит значительно быстрее, чем на других тестомесах. Тип трансмиссии ременная.

На предприятиях общественного питания в основном используются спиральные тестомесы S-образные (спиралеобразные) тестомесы выпускаются довольно широким спектром вместимости дежей - от 5 до 250 л.

Их месильный орган изготавливается из нержавеющей стали либо алюминиевого сплава, а также в ряде тестомесильных машин побольше напоминает букву Г нежели S, поэтому, название S-образные с технической точки зрения довольно условно.

По принципу перемешивания продукта S-образные тестомесы можно подразделить на 3 подгруппы:

- с движением только месильного органа;
- с движением (вращением) только дежи;
- с движением как месильного органа, а также дежи.

В машинах с движением только месильного органа применяется 1 электродвигатель, движение от которого передается напрямую месильному органу. Такой принцип действия наиболее часто применяется или на тестомесах с маленькими объемами рабочей дежи, или больших тестомесах, которые используют подкатные дежи.

В зависимости от производительности, тестомесы могут иметь различный объем чаши. Принцип работы тестомеса довольно прост: в дежу тестомесильной машины загружают ингредиенты, входящие в рецептуру теста, и включают машину.

Во время работы аппарата можно по потребности добавлять ингредиенты через защитную решетку или открыв крышку - тестомес этом случае остановится.

Месильный орган тестомесильной машины в зависимости от его функциональных особенностей может быть выполнен в виде спирали, петли (иногда двух), капли, вилки, в той или иной степени имитирующих ручной замес теста, а для замеса крутого теста используются z-образные месильные органы или лопатки.

1.2 Определение технологических параметров тестомесильной машины с объемно-винтовым рабочим органом

Собранный статистический материал при работе тестомесильных машин в производственных условиях позволил построить кривую убыли дополнительной резервной высоты h_p в зависимости от диаметра дежи (рисунок 1.2).

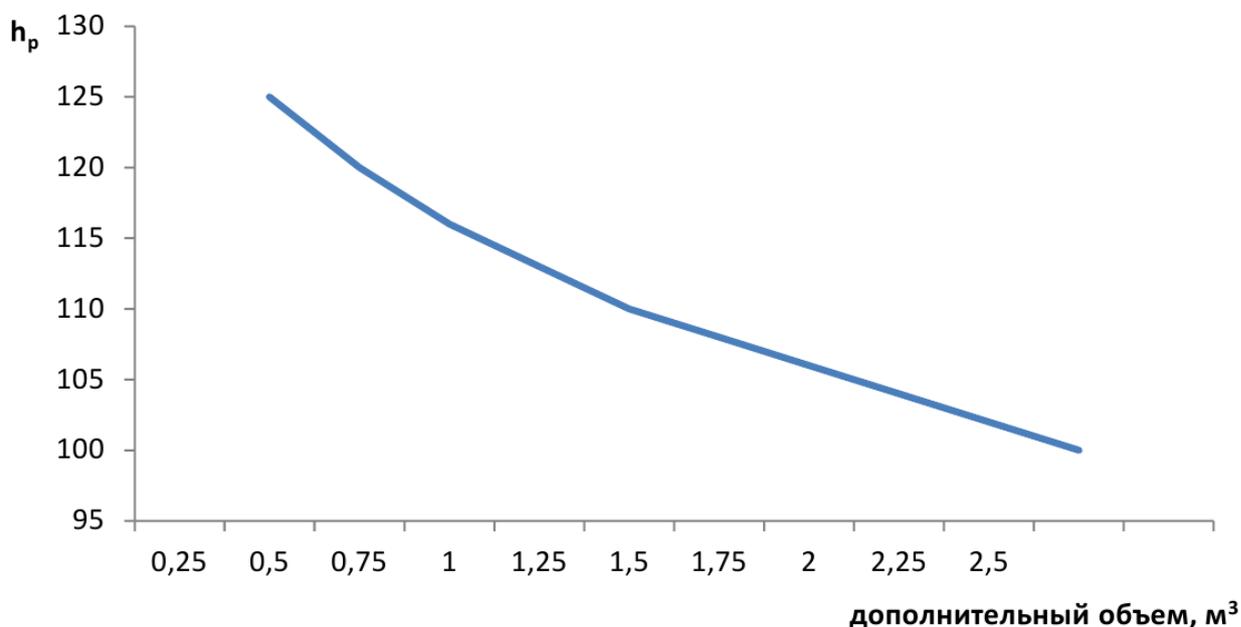


Рисунок 1.2 – Кривая убыли дополнительной резервной высоты h_p в зависимости от диаметра дежи

Изменение дополнительного объема дежи V_p в зависимости от проектируемой резервной высоты дежи h_p представлено на рисунке 1.3.

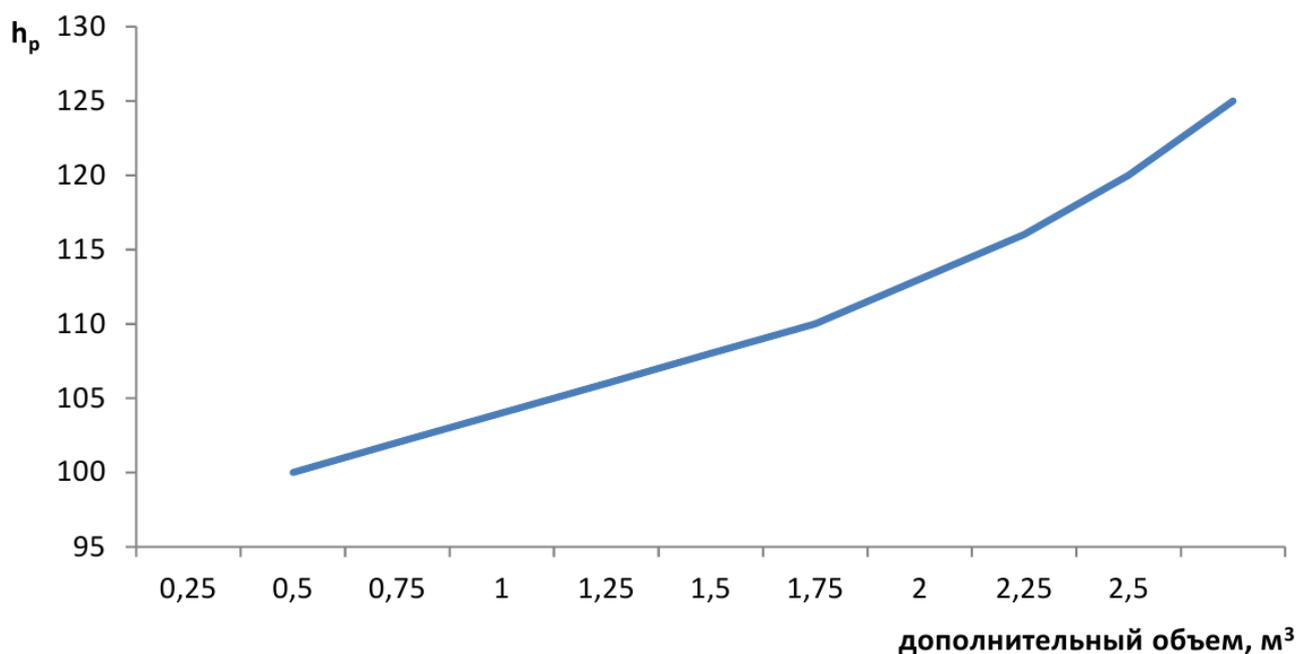
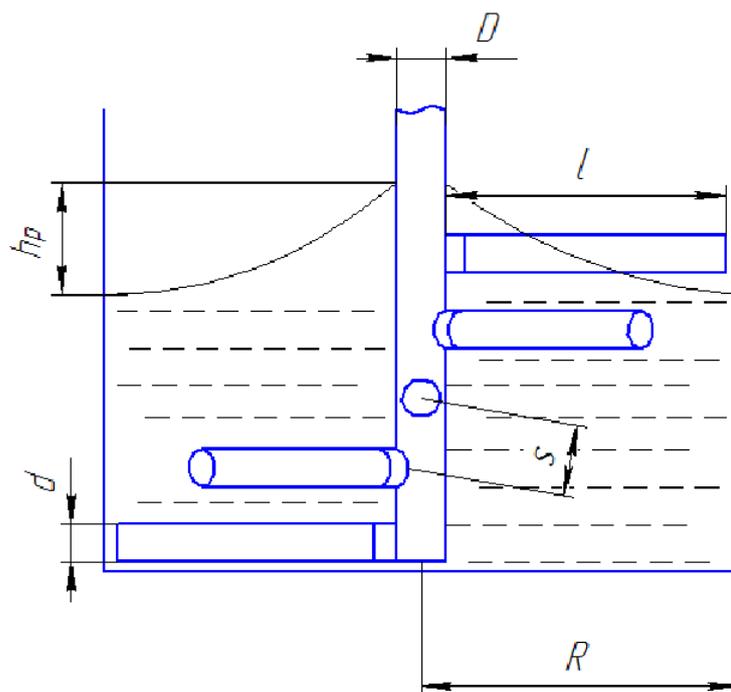


Рисунок 1.3 – Зависимость дополнительного объема дежи V_p от проектируемой резервной высоты дежи h_p

Для проведения эксперимента по замесу теста была изготовлена экспериментальная опытная тестомесильная установка (рисунок 1.4), позволяющая производить замес теста по объемно-винтовому способу.

Научный анализ существующих конструкций тестомесильных машин показал, что для обеспечения технологической работоспособности при их проектировании устанавливают резервный запас объема дежи, что намного увеличивает стоимость изготовления тестомесильных аппаратов из нержавеющей стали. Выполненные исследования позволили определить изменение кривой в зависимости от дополнительного объема и резервной высоты дежи.



D – диаметр месильного вала; l – длина лопасти; S – шаг установки лопастей на месильном валу; d – диаметр лопасти; R – радиус дежи; h_p – резервный запас дежи по высоте.

Рисунок 1.4 - Схема экспериментально-опытного объемно-винтового рабочего органа

1.3 Влияние интенсивности замеса дрожжевого теста на качественные характеристики пшеничного хлеба

Снижение себестоимости выпускаемой хлебобулочной продукции при одновременном увеличении ее объемов надлежащего качества можно достичь за счет сокращения длительных стадий тестоприготовления. Получение теста осуществляется в тестомесильных машинах, которые на основе выполненных научных исследований и производственного опыта непрерывно совершенствуются и модернизируются.

Определены высота, ширина, формоустойчивость, масса выемок и пористость хлеба. Используются утверждённые методики по оценке качества хлеба из пшеничной муки согласно ГОСТ 27669-88 и ГОСТ 27842-88.

Величина высоты формы хлеба h , см, в зависимости от частоты вращения месильного органа ω , об/мин, и угла наклона месильных лопастей α , град, представляется следующей функцией (рисунок 1.5)

$$h(\omega, \alpha) = b_0 + \frac{b_1}{\omega} + b_2 \cdot \alpha + \frac{b_3}{\omega^2} + b_4 \cdot \alpha^2, \quad (1.1)$$

где b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 - числовые коэффициенты.

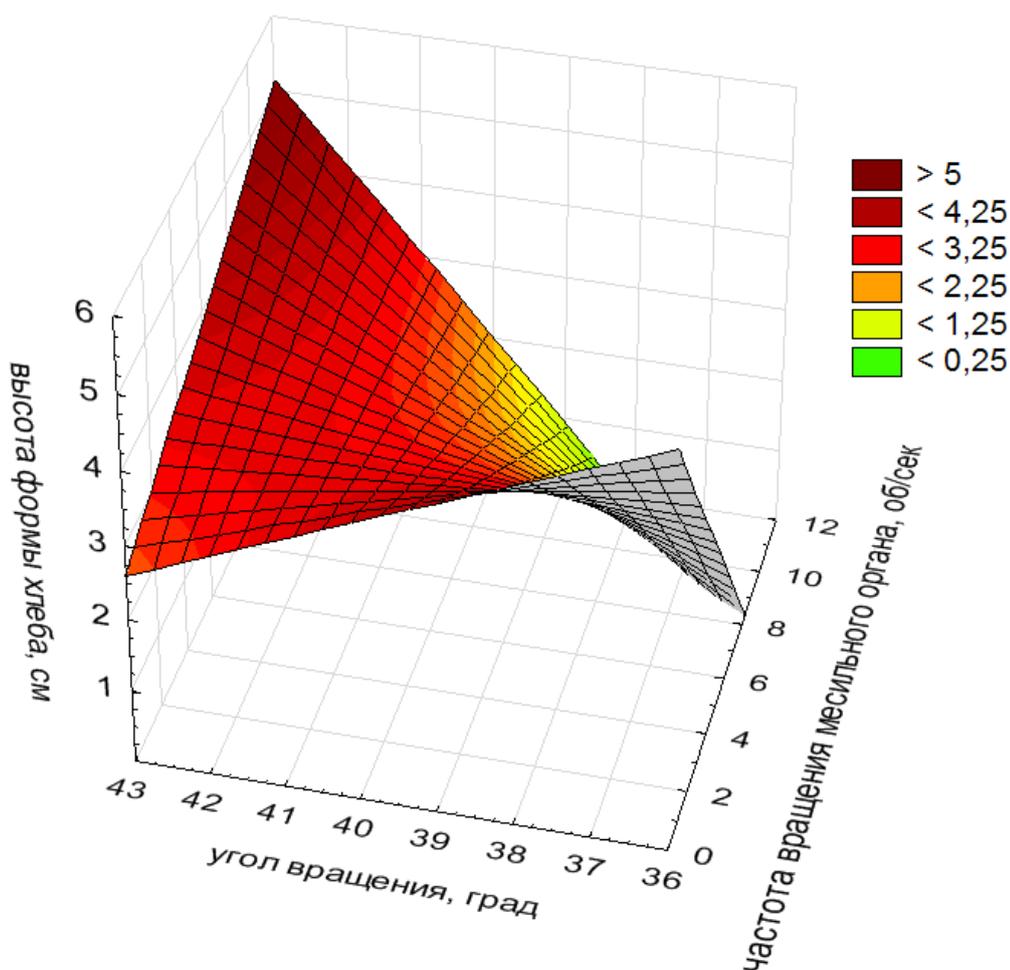


Рисунок 1.5 - Изменение высоты формы хлеба при изменении частоты вращения месильного органа и угла наклона месильных лопастей

Проведено сравнение опытных и расчётных данных для установления относительной погрешности опытной модели (таблица 1.1). Коэффициент детерминации данной зависимости составляет 99,67 %. Относительная погрешность сглаживания опытных данных величины высоты хлеба составляет 1,57 % – не превосходит принятого порогового значения 5 %.

Таблица 1.1 - Сравнение опытных и расчётных данных величины высоты формы хлеба

Частота вращения месильного органа	Угол наклона установленных месильных лопастей	Величина высоты		Отклонение опытной от расчётной	Относительное отклонение
		Опытная	Расчетная		
ω , 1/мин	α , град	h, см	$h(\omega, \alpha)$, см	ε	δ , %
120,0	60,0	6,0	6,03	0,03	0,5
60,0	60,0	5,4	5,41	0,01	0,18
90,0	60,0	5,5	5,44	0,06	1,1
90,0	55,0	5,9	5,99	0,09	1,5
60,0	55,0	6,1	6,2	0,1	1,61
60,0	55,0	6,2	6,24	0,04	0,64
90,0	50,0	5,5	5,56	0,06	1,08
120,0	50,0	5,0	5,03	0,03	0,6
120,0	50,0	5,5	5,46	0,04	0,73
60,0	45,0	6,0	6,09	0,09	1,48
60,0	45,0	5,5	5,51	0,01	0,18
60,0	45,0	6,0	5,91	0,09	1,52

Величина ширины формы хлеба s , см, в зависимости от частоты вращения месильного органа ω , об/мин, и угла наклона месильных лопастей α , град, представляется следующей функцией (рисунок 1.6)

$$s(\omega, \alpha) = b_0 + \frac{b_1}{\omega} + b_2 \cdot \alpha + \frac{b_3}{\omega^2} + b_4 \cdot \alpha^2, \quad (1.2)$$

где b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 - числовые коэффициенты.

Проведено сравнение опытных и расчётных данных для установления относительной погрешности опытной модели (таблица 1.2). Коэффициент детерминации данной зависимости - 97,18 %. Относительная погрешность сглаживания опытных данных величины ширины формы хлеба составляет 1,74 % – не превосходит принятого порогового значения 5 %.

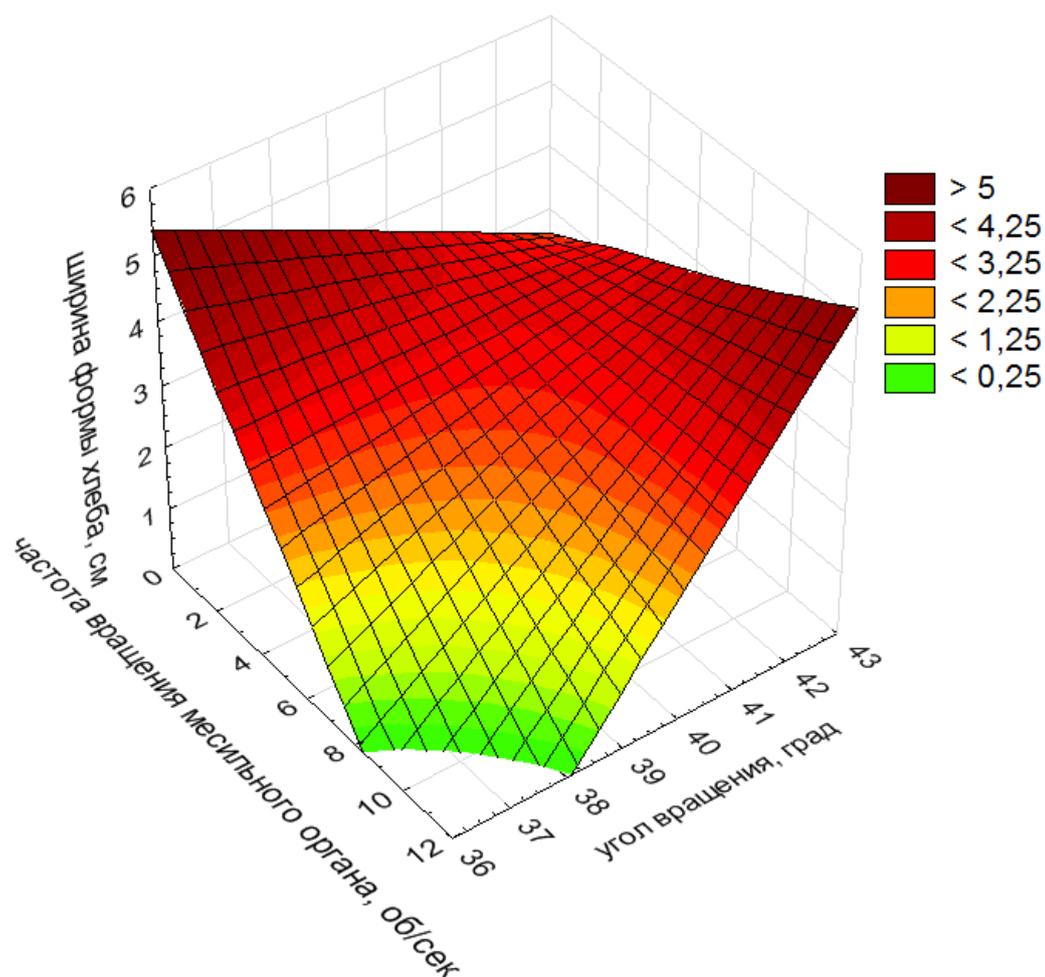


Рисунок 1.6 - Изменение ширины формы хлеба при изменении частоты вращения месильного органа и угла наклона месильных лопастей

Таблица 1.2 - Сравнение опытных и расчётных данных величины ширины формы хлеба

Частота вращения месильного органа	Угол наклона установленных месильных лопастей	Величина высоты		Отклонение опытной от расчётной	Относительное отклонение
		Опытная	Расчетная		
ω , 1/мин	α , град	s, см	$s(\omega, \alpha)$, см	ε	δ , %
120,0	60,0	4,0	4,09	0,09	2,2
60,0	60,0	4,2	4,28	0,08	1,87
90,0	60,0	4,5	4,46	0,04	0,9
90,0	55,0	4,2	4,26	0,06	1,41
60,0	55,0	4,0	4,03	0,03	0,74
60,0	55,0	4,8	4,82	0,02	0,41
90,0	50,0	4,5	4,43	0,07	1,58
120,0	50,0	4,9	4,91	0,01	0,2
120,0	50,0	4,8	4,73	0,07	1,48
60,0	45,0	4,5	4,53	0,03	0,66
60,0	45,0	4,2	4,22	0,02	0,47
60,0	45,0	4,2	4,19	0,01	0,24

Величина формоустойчивости хлеба η , ед., в зависимости от частоты вращения месильного органа ω , об/мин, и угла наклона месильных лопастей α , град, представляется следующей функцией (рисунок 1.7)

$$\eta(\omega, \alpha) = b_0 + \frac{b_1}{\omega} + b_2 \cdot \alpha + \frac{b_3}{\omega^2} + b_4 \cdot \alpha^2, \quad (1.3)$$

где b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 - числовые коэффициенты.

Проведено сравнение опытных и расчётных данных для установления относительной погрешности опытной модели (таблица 1.3). Коэффициент детерминации данной зависимости составляет 97,44 %. Относительная погрешность сглаживания опытных данных величины формоустойчивости хлеба составляет 25,24 %.

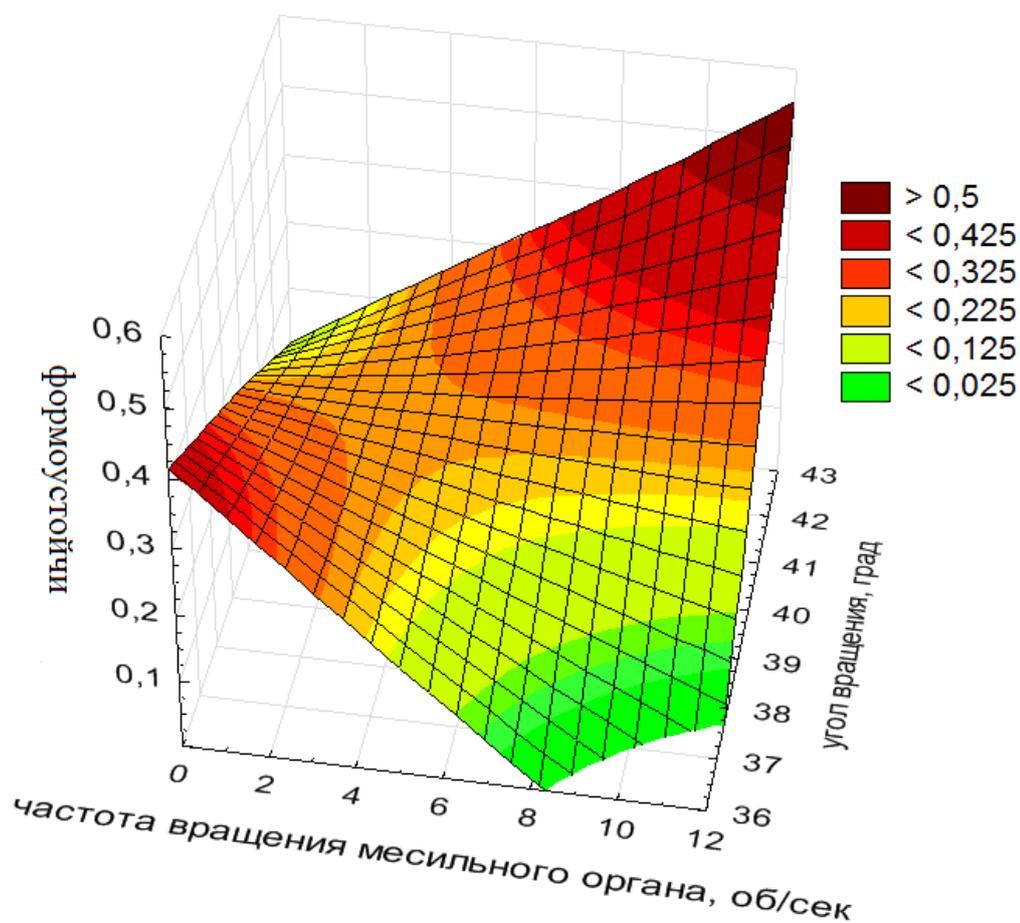


Рисунок 1.7 - Изменение формоустойчивости хлеба при изменении частоты вращения месильного органа и угла наклона месильных лопастей

Таблица 1.3 - Сравнение опытных и расчётных данных величины формоустойчивости хлеба

Частота вращения месильного органа	Угол наклона установленных месильных лопастей	Величина высоты		Отклонение опытной от расчётной	Относительное отклонение
		Опытная	Расчетная		
ω , 1/мин	α , град	η	$\eta(\omega, \alpha)$	ε	δ , %
120,0	60,0	0,47	0,41	0,06	14,63
60,0	60,0	0,55	0,51	0,04	7,84
90,0	60,0	0,42	0,5	0,08	16
90,0	55,0	0,38	0,33	0,05	15,15
60,0	55,0	0,35	0,29	0,06	20,69
60,0	55,0	0,38	0,3	0,08	26,67
90,0	50,0	0,45	0,47	0,02	4,26
120,0	50,0	0,42	0,35	0,07	20
120,0	50,0	0,41	0,43	0,02	4,65
60,0	45,0	0,48	0,39	0,09	23,08
60,0	45,0	0,42	0,37	0,05	13,51
60,0	45,0	0,47	0,37	0,1	27,03

Величина веса выемок w , г, в зависимости от частоты вращения месильного органа ω , об/мин, и угла наклона месильных лопастей α , град, представляется следующей функцией (рисунок 1.8)

$$w(\omega, \alpha) = b_0 + \frac{b_1}{\omega} + b_2 \cdot \alpha + \frac{b_3}{\omega^2} + b_4 \cdot \alpha^2, \quad (1.4)$$

где b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 - числовые коэффициенты.

Проведено сравнение опытных и расчётных данных для установления относительной погрешности опытной модели (таблица 1.4). Коэффициент детерминации данной зависимости составляет 98,48 %. Относительная погрешность сглаживания опытных данных величины веса выемок формы хлеба не превосходит принятого порогового значения 5 %.

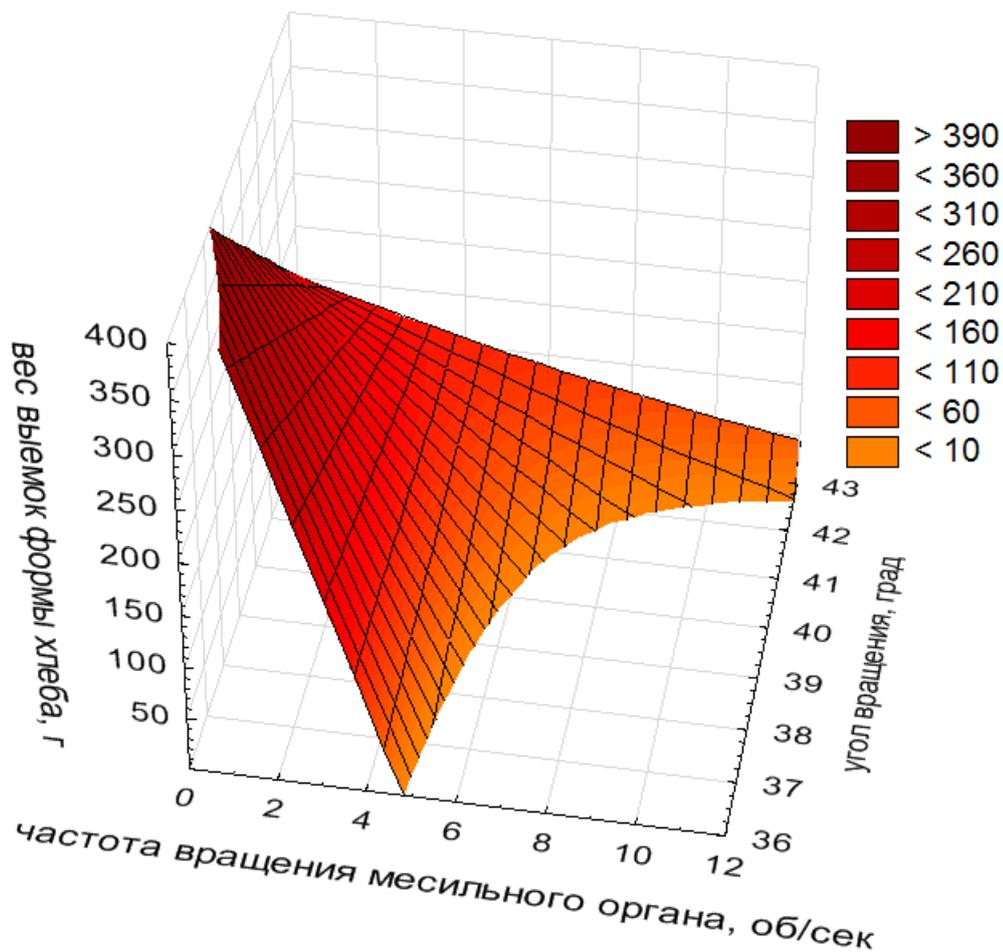


Рисунок 1.8 - Изменение веса выемок формы хлеба при изменении частоты вращения месильного органа и угла наклона месильных лопастей

Величина пористости p , %, формы хлеба в зависимости от частоты вращения месильного органа ω , об/мин, и угла наклона месильных лопастей α , град, представляется следующей функцией (рисунок 1.9)

$$p(\omega, \alpha) = b_0 + \frac{b_1}{\omega} + b_2 \cdot \alpha + \frac{b_3}{\omega^2} + b_4 \cdot \alpha^2, \quad (1.5)$$

где b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 - числовые коэффициенты.

Таблица 1.4 - Сравнение опытных и расчётных данных величины веса выемок хлеба

Частота вращения месильного органа	Угол наклона установленных месильных лопастей	Величина высоты		Отклонение опытной от расчётной	Относительное отклонение
		Опытная	Расчетная		
ω , 1/мин	α , град	w, г	w(ω , α), г	ε	δ , %
120,0	60,0	254	254	0	0
60,0	60,0	268	267,99	0,01	0
90,0	60,0	320	320,08	0,08	0,02
90,0	55,0	295	295,06	0,06	0,02
60,0	55,0	302	302,03	0,03	0,01
60,0	55,0	298	298,04	0,04	0,01
90,0	50,0	287	287,01	0,01	0
120,0	50,0	268	268,08	0,08	0,03
120,0	50,0	296	296,08	0,08	0,03
60,0	45,0	236	236,05	0,05	0,02
60,0	45,0	324	324,02	0,02	0,01
60,0	45,0	324	323,96	0,04	0,01

Проведено сравнение опытных и расчётных данных для установления относительной погрешности опытной модели (таблица 1.5). Коэффициент детерминации данной зависимости равен 97,37 %. Относительная погрешность сглаживания опытных данных величины пористости формы хлеба не превосходит принятого порогового значения 5 %.

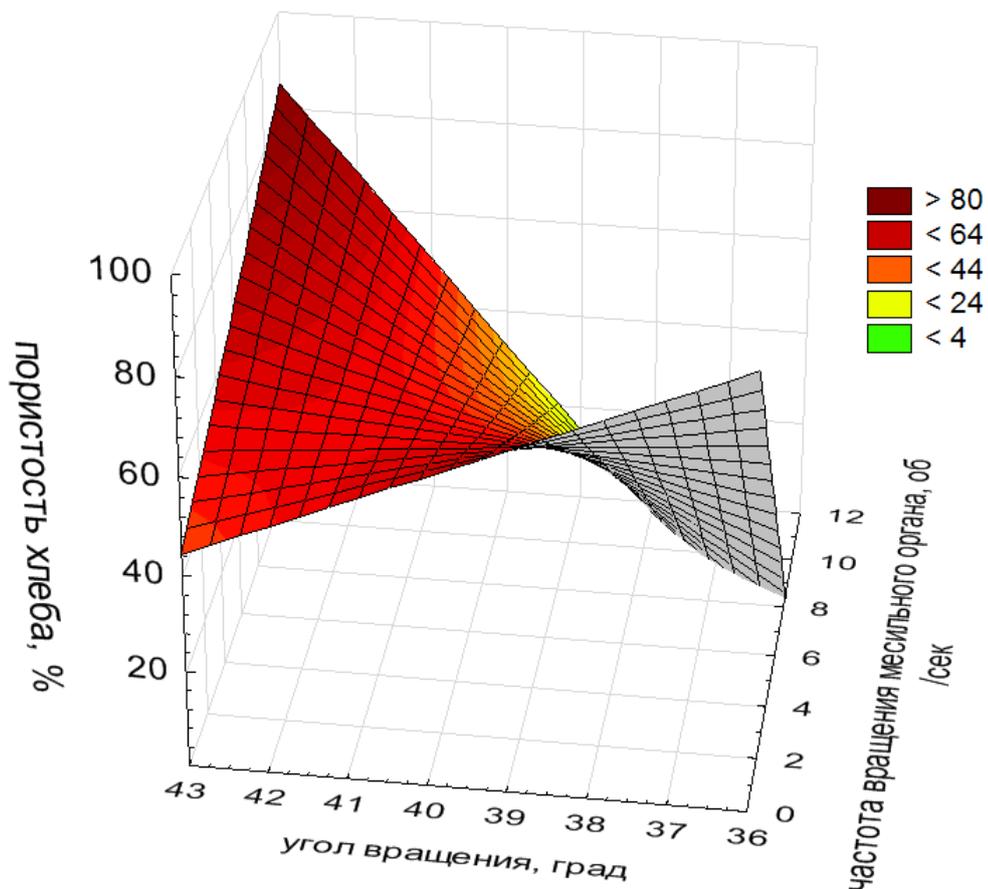


Рисунок 1.9 - Изменение пористости формы хлеба при изменении частоты вращения месильного органа и угла наклона месильных лопастей

Удельный объем хлеба V , $\text{см}^3 / 100 \text{ г муки}$, в зависимости от частоты вращения месильного органа ω , об/мин, и угла наклона месильных лопастей α , град, представляется следующей функцией (рисунок 1.10)

$$V(\omega, \alpha) = b_0 + \frac{b_1}{\omega} + b_2 \cdot \alpha + \frac{b_3}{\omega^2} + b_4 \cdot \alpha^2, \quad (1.6)$$

где b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 - числовые коэффициенты.

Таблица 1.5 - Сравнение опытных и расчётных данных величины пористости хлеба

Частота вращения месильного органа	Угол наклона установленных месильных лопастей	Величина высоты		Отклонение опытной от расчётной	Относительное отклонение
		Опытная	Расчетная		
ω , 1/мин	α , град	p , %	$p(\omega, \alpha)$, %	ε	δ , %
120,0	60,0	87	87,29	0,29	0,33
60,0	60,0	85	84,22	0,78	0,93
90,0	60,0	67	67,21	0,21	0,31
90,0	55,0	76	76,31	0,31	0,41
60,0	55,0	75	74,54	0,46	0,62
60,0	55,0	82	81,49	0,51	0,63
90,0	50,0	72	72,94	0,94	1,29
120,0	50,0	73	72,43	0,57	0,79
120,0	50,0	65	64,73	0,27	0,42
60,0	45,0	89	89,71	0,71	0,79
60,0	45,0	78	77,04	0,96	1,25
60,0	45,0	85	85,77	0,77	0,9

Проведено сравнение опытных и расчётных данных для установления относительной погрешности опытной модели (таблица 1.6). Коэффициент детерминации данной зависимости составляет 99,52 %. Относительная погрешность сглаживания опытных данных удельного объема хлеба составляет 1,28 % – не превосходит принятого порогового значения 5 %.

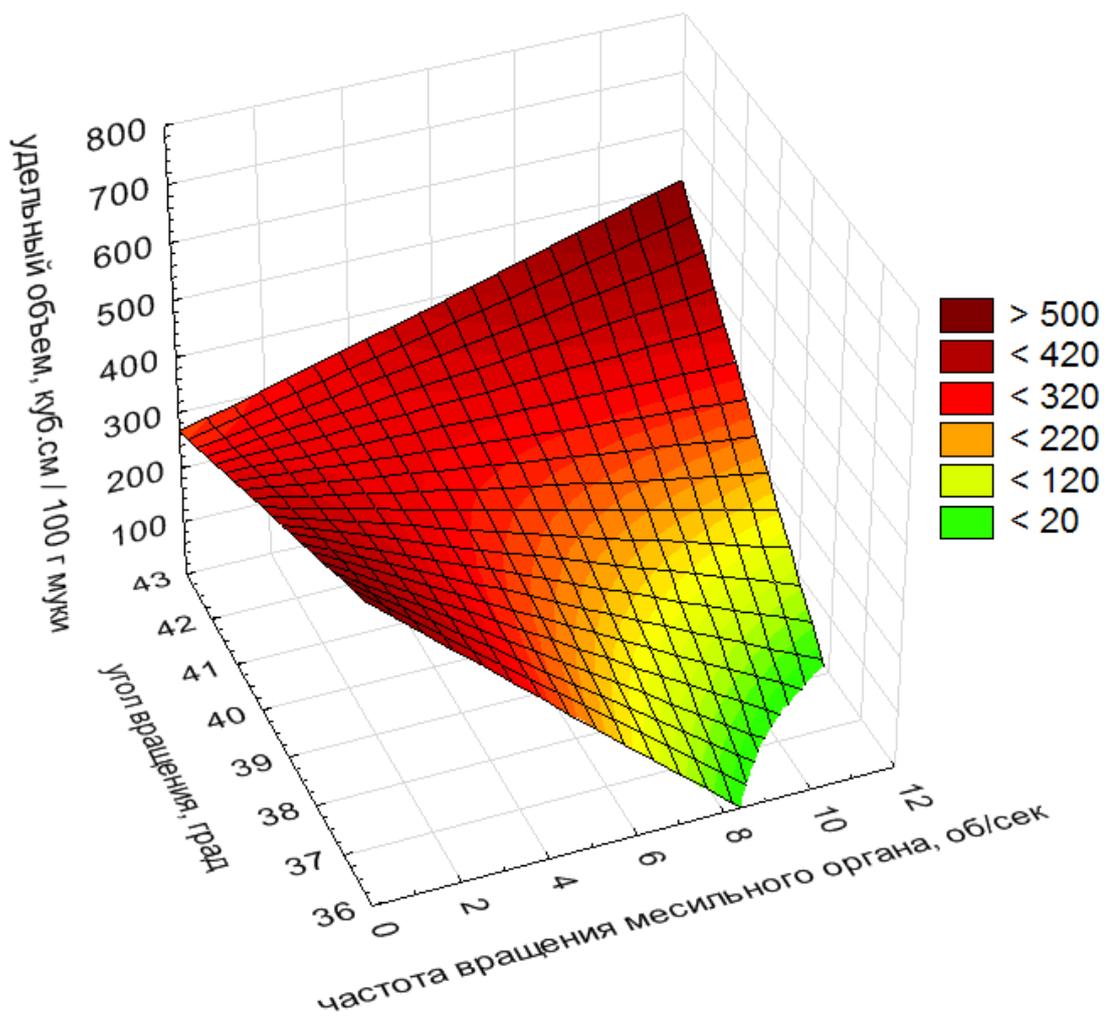


Рисунок 1.10 - Изменение удельного объема хлеба при изменении частоты вращения месильного органа и угла наклона месильных лопастей

На основании проведенных лабораторных экспериментальных исследований тестомесильной машины разработана модель влияния конструктивно-технологических и режимных параметров работы тестомеса на качество готовой продукции и получены модельные представления величин: объема, массы, удельного объема хлеба; высоты, ширины и формоустойчивости хлеба; веса выемок и пористости хлеба. Эффективные конструктивно-технологические и режимные параметры получения качественной готовой продукции соответствуют экстремумам модельных представлений процессов функционирования тестомесильной машины: частоте вращения месильного органа 90 об/мин, двум установленным месильным лопастям, углу наклона

установленных месильных лопастей – 60 град, продолжительности замеса – 2 мин. При этом формируются следующие результативные показатели: объем хлеба – 1120 см³, масса хлеба – 385 грамм, формоустойчивость – 0,44 ед., пористость хлеба – 74,28 %.

Таблица 1.6 - Сравнение опытных и расчётных данных величины удельного объема хлеба

Частота вращения месильного органа	Угол наклона установленных месильных лопастей	Величина высоты		Отклонение опытной от расчётной	Относительное отклонение
		Опытная	Расчетная		
ω , 1/мин	α , град	V , см ³ / 100 г муки	$V(\omega, \alpha)$, см ³ / 100 г муки	ε	δ , %
120,0	60,0	325	325,68	0,68	0,21
60,0	60,0	425	425,23	0,23	0,05
90,0	60,0	387	386,56	0,44	0,11
90,0	55,0	369	369,08	0,08	0,02
60,0	55,0	357	356,66	0,34	0,1
60,0	55,0	349	348,63	0,37	0,11
90,0	50,0	402	402,7	0,7	0,17
120,0	50,0	411	410,46	0,54	0,13
120,0	50,0	435	434,27	0,73	0,17
60,0	45,0	420	419,36	0,64	0,15
60,0	45,0	432	432,6	0,6	0,14
60,0	45,0	327	327,05	0,05	0,02

Составим математическую модель для двухмассовой динамической модели бипланетарного привода рабочих органов тестомесильной машины периодического действия. Для этого воспользуемся уравнениями Лагранжа 2-го рода. Примем в

качестве обобщенных координат φ_d и φ_H . Обобщенные силы Q_d , Q_H и $Q_{H, H}$, приведенные к валу водила

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_d} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_d} + \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi_d} + \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi_d} = Q_d, \quad (1.7)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_H} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_H} + \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi_H} + \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi_H} = Q_H, \quad (1.8)$$

где T - кинетическая энергия, Дж;

Φ - диссипативная функция Рэлея;

Π - потенциальная энергия системы, Дж.

2 Технологические расчеты тестоприготовительного оборудования

2.1 Расчет технических характеристик тестоприготовительного оборудования

Количество оборудования и размеры помещения зависят от способа, режима приготовления теста и рецептур.

При приготовлении пшеничного теста опарным способом требуется больше оборудования и площадей помещения, чем при безопарном способе. К месту замеса опары должны быть подведены мука, вода, жидкие дрожжи, а к месту замеса теста - мука, вода, солевой и сахарный растворы, жир и другие компоненты.

По мнению многих производителей, хлеб, приготовленный на больших густых опарах с продолжительным брожением опары, выгодно отличается от хлеба, полученного обычным опарным способом, а также на жидких опарах и заквасках. В большой опаре 70 % муки подвергается продолжительному брожению, а добавляемая в хорошо выброженную опару мука (30 %), «размолаживая» опару, создает крепкое тесто, устойчивое при разделке, округлении, закатке, прохождении по транспортерам, расстойке [18].

При обычном опарном способе сахар вносится при замесе теста за 2 ч до разделки теста. При большой опаре он поступает за 25 минут до разделки. Это сокращает потери сахара при брожении. Способ приготовления теста на жидких заквасках требует применения кипятка или острого пара, холода для охлаждения заварки, дополнительной дозировки воды, муки, солевого раствора, добавок, улучшителей. При замесе должна быть обеспечена заданная кислотность теста, его влажность, температура.

Технологический расчет тестоприготовительных агрегатов сводится к проверке вместимости бродильного аппарата и расчету объема емкости для кратковременного брожения теста. Расчетный объем бункера для брожения опары в агрегатах И8-ХТА-6 определяют по формуле

$$V = \frac{P_q \cdot t_{бр} \cdot \rho \cdot n}{B_{хл} \cdot q_o (n - 1) \cdot 600}, \quad (2.1)$$

где P_q – часовая производительность печи, кг/ч;

$t_{бр}$ – длительность брожения опары, мин;

ρ – расход муки на замес опары, %;

$B_{хл}$ – выход изделия, %;

q_o – масса муки, загружаемая на 100 л геометрического объема емкости для опары, кг.

Объем емкости заварочной машины определяется по формуле

$$V_M = \frac{Z_y \cdot t_1 \cdot (1 + x_1)}{\rho \cdot 60}, \quad (2.2)$$

где Z_y - часовой расход закваски, кг;

t_1 - продолжительность занятости машины (около 6 мин), мин;

ρ - плотность заварки, кг/м³ ($\rho = 1050$ кг/м³);

$(1 + x_1)$ - коэффициент, учитывающий увеличение объема полуфабриката в процессе замеса, ($x_1 = 0,25$).

Количество заварочных машин N , шт, рассчитывается по формуле

$$N = \frac{V_M}{V}, \quad (2.3)$$

где V_M - объем емкости заварочной машины, м³;

V – рабочий объем заварочной машины ХЗМ-300 ($V = 0,2$ м³).

Количество замесов в час n рассчитывается по формуле

$$n = \frac{60 \cdot N}{t_3}, \quad (2.4)$$

где N – количество заварочных машин, шт.;

t_3 - продолжительность занятости заварочной машины, мин.

Объем емкости чанов для брожения V_3 , м³, рассчитывается по формуле

$$V_3 = \frac{Z_y \cdot t_2 \cdot (1 + x_2)}{\rho \cdot 60}, \quad (2.5)$$

где t_2 - продолжительность брожения закваски, мин ($t_2=240$ мин);

$(1+x_2)$ - коэффициент, учитывающий увеличение объема полуфабриката в процессе брожения, $x_2 = 0,1$.

Для приготовления жидкой закваски выбираем чаны для брожения РЗ-ХЧД. Количество чанов для закваски N_3 , шт, рассчитывается по формуле

$$N_3 = \frac{V_3}{V_2}, \quad (2.6)$$

где V_3 - объем емкости чанов для брожения, м^3 ;

V_2 - рабочий объем чана РЗ-ХЧД, м^3 ($0,55 \text{ м}^3$).

В случае, если опара и тесто готовятся в дежах, производим расчет дежей и тестомесильных машин. Вначале определяют часовой расход муки, потом, задавшись вместимостью дежи, рассчитывают число дежей и месильных машин.

Часовой расход муки для приготовления хлеба

$$M_{\text{ч}} = \frac{P_{\text{ч}} \cdot 100}{B_{\text{х}}}, \quad (2.7)$$

где $P_{\text{ч}}$ – производительность печи по горячему хлебу, кг/ч;

100 – расход муки, кг;

$B_{\text{х}}$ – выход хлеба, кг.

Количество муки, загружаемой в дежу для замеса $M_{\text{д}}$, кг

$$M_{\text{д}} = \frac{V \cdot q}{100}, \quad (2.8)$$

где V – вместимость дежи, м^3 ;

q – норма загрузки муки на 100 л объема дежи, кг.

Отсюда часовая потребность в дежах

$$D_{\text{ч}} = \frac{M_{\text{ч}}}{M_{\text{д}}} = \frac{M_{\text{ч}} \cdot 100}{V \cdot q} \quad (2.9)$$

Ритм сменяемости дежей r , мин, составляет

$$r = \frac{60}{D_{\text{ч}}}, \quad (2.10)$$

Число дежей на технологический цикл для каждого сорта $D_{\text{ц}}$

$$D_{\text{ц}} = \frac{T}{r}, \quad (2.11)$$

где T - занятость дежей, мин.

При приготовлении ржаного теста количество дежей определяется отдельно для закваски и для теста. Для пшеничного теста опара и тесто готовятся в одной деже. Занятость дежи для отдельного сорта T , мин

$$T = t_3 + t_{\text{б}} + t_n + t_{\text{нр}}, \quad (2.12)$$

где t_3 - продолжительность замеса, мин;

$t_{\text{б}}$ - продолжительность брожения, мин;

t_n - длительность обминок, мин

t_{np} - прочие операции (загрузка дежи, опрокидывание, пробег), мин.

Общее число дежей $\sum D$

$$\sum D = \frac{T_1}{r_1} + \frac{T_2}{r_2} + \frac{T_3}{r_3} + \dots, \quad (2.13)$$

где T_1, T_2, T_3 - время занятости дежей для отдельных сортов, вырабатываемых одновременно, мин.

r_3 - ритм, мин.

Количество дежей, занятых под закваской

$$D_3 = \frac{T_{зак}}{r_{зак}}, \quad (2.14)$$

где $T_{зак}$ - время занятости дежи под закваской (под замесом, брожением, опрокидыванием, пробегом), мин;

$r_{зак}$ - ритм, мин.

При интенсивном замесе продолжительность брожения сокращается от 2 до 2,5 раза. При использовании машин интенсивного замеса длительность замеса не превышает 3 минут. При периодическом приготовлении теста в дежах добавляется обминка продолжительностью от 2 до 3 минут [19].

При делении закваски из дежи на части, расходуемые на замес теста, ритм замеса закваски должен увязываться с ритмом замеса теста

$$r_{зак} = l \cdot r, \quad (2.15)$$

где l - количество частей (дежей с тестом), на которое расходуется одна дежа закваски;

r - ритм тестовых дежей.

Суточная производительность дежей Q_g , кг, определяется по формуле

$$Q_g = \frac{24 \cdot 60 \cdot M_g \cdot B_x}{100 \cdot T} = \frac{24 \cdot 60 \cdot V \cdot q \cdot B_x}{100 \cdot 100 \cdot T} \cdot X, \quad (2.16)$$

где X – коэффициент увеличения времени на мойку, разводочный цикл (от 1,05 до 1,1).

Общее число дежей на хлебозаводе

$$Q_{общ} = \sum \frac{P_c}{Q_g} \cdot X, \quad (2.17)$$

где P_c – производительность по каждому сорту хлеба, кг/сут.

Число месильных машин зависит от времени их занятости на один замес и ритма замесов. Продолжительность занятости машины t_m складывается из длительности замеса опары t_o , теста t_T , закваски t_3 , времени на обминки t_n и на зачистку t_{np} .

Для пшеничного теста

$$t_m = t_o + t_T + t_n + t_{np}, \quad (2.18)$$

Для ржаного теста

$$t_M = \frac{t_3}{1-1} + t_T + t_{np}, \quad (2.19)$$

где 1 – число порций, на которые делят дежу закваски (одну порцию оставляют для возобновления закваски).

Количество месильных машин для отдельного сорта

$$N = \frac{t_M}{r}, \quad (2.20)$$

Общее число месильных машин

$$N_{общ} = \sum \frac{t_M}{r}, \quad (2.21)$$

где t_M – время занятости машины на отдельных сортах, мин;

r – ритм дежей для этих сортов, мин.

К полученному количеству машин добавляют резервные на случай ремонта.

Производительность тестомесильной машины Q_M , кг/сут

$$Q_M = \frac{24 \cdot 60 \cdot V \cdot q \cdot B_x}{100 \cdot 100 \cdot t_M}, \quad (2.22)$$

Ориентировочное количество месильных машин для хлебозавода

$$N_{общ} = \sum \frac{t_M}{r}, \quad (2.23)$$

Тесто также может готовиться в тестоприготовительных агрегатах. Так, агрегаты ХТР предназначены для непрерывного приготовления пшеничного и ржаного теста как безопарным, так и опарным способами на хлебопекарных предприятиях, оборудованных печами средней мощности. Существует много модификаций агрегата ХТР, однако все они построены по одному и тому же принципу – приготовление теста осуществляется непрерывно и брожение теста происходит не в состоянии покоя, а при движении теста [20].

Разновидности этих агрегатов встречаются технологического и установочного характера, а также в зависимости от местных условий их эксплуатации, сорта и хлебопекарных качеств муки и компонентов, в зависимости от способа приготовления теста (однофазный или двухфазный).

Агрегат ХТР для двухфазного приготовления теста состоит из следующих машин и аппаратов: тестомесительных машин непрерывного действия модели Х-12Д с двумя автоматическими дозировочными станциями ВНИИХП для опары и для теста; бродильного аппарата непрерывного действия модели Х-23; дрожжемешалки и мешалки для сахарного раствора модели Х-14; аппарата для приготовления жира модели Х-15Д; дозатора для опары с приводом модели Х13-03А-05А и электрошкафа Х-11.

По специальному заказу агрегат изготавливают для безопасного тестоприготовления. При этом не поставляются одна тестомесительная машина модели Х-12Д с автоматической дозировочной станцией и дозатор для опары. Перегородка между двумя секциями бродильного аппарата снимается.

Если тесто готовится опарным способом, одну месильную машину Х-12Д устанавливают над первой секцией, а вторую – над второй секцией бродильного аппарата. Между первой и второй секциями бродильного аппарата установлена перегородка, а в корпусе первой секции под выпускным отверстием – дозатор для опары. В тестомесительной машине, установленной над первой секцией бродильного аппарата, замешивается опара, которая поступает в первую секцию аппарата, где происходит её брожение. При брожении опара медленно перемещается вдоль первой секции аппарата до дозатора для опары, которым она перекачивается во вторую тестомесительную машину, установленную над второй секцией аппарата; в тестомесительной машине готовится тесто с добавлением к опаре необходимых компонентов. [32]

Тесто из тестомесительной машины поступает во вторую секцию бродильного аппарата, где бродит. При брожении тесто медленно перемещается

вдоль второй секции бродильного аппарата до шибберного устройства с электроприводом для выпуска теста на тесторазделочную линию.

Дрожжемешалка и мешалка для сахарного раствора предназначены для приготовления дрожжевой суспензии либо сахарного раствора перед подачей их в автоматическую дозировочную станцию ВНИИХП. Жир растапливается в специальном аппарате перед подачей его в – автоматическую дозировочную станцию. Электрошкаф предназначен для управления всем электрооборудованием.

Корыто бродильного аппарата Х-23 имеет две секции разных размеров, которые имеют форму полуцилиндров с расширяющимися кверху стенками и откидными бортами. Корыто установлено на четырех опорах с наклоном в сторону движения опары (теста), составляющим 3°.

Шнековый вал аппарата имеет три опоры, из которых две расположены снаружи, около торцовых стенок корыта; одна подвесная опора размещена в конце первой секции корыта. На валу насажено два шнека из которых один расположен в начале первой секции корыта, второй – в начале второй секции.

На валу имеется также лопасть в конце первой секции над выпускным отверстием, где установлен дозатор опары. Шнековый вал периодически вращается от храпового механизма.

Механизмы привода расположены на переднем загрузочном конце аппарата на специальной плите и имеют кожух с откидной крышкой. Все части бродильного аппарата, соприкасающиеся с опарой и тестом, изготовлены из нержавеющей стали. Дозатор опары подает ее шнеком во вторую тестомесительную машину Х-12Д. Корпус шнека прикреплен болтами к патрубку под выходным отверстием первой секции бродильного аппарата. Шнек приводится в движение от электродвигателя через цепной вариатор. Опара нагнетается шнеком во вторую тестомесительную машину через вертикальную трубку, верхнее колено которой установлено в корпусе питателя муки тестомесительной машины. Количество опары, подаваемое в тестомесительную машину, регулируется вариатором.

Производительность дозатора для опары до 10 т/сут, частота вращения шнекового вала от 56 до 252 об/мин, мощность электродвигателя 1,5 кВт, частота вращения 1400 об/мин. Вариатор ВЦ-11-131-01 вращается со скоростью 920 об/мин, диапазон регулирования 4,5.

Процесс брожения опары (теста) от момента поступления его в первую секцию бродильного аппарата до выхода готовой опары из первой секции можно регулировать от 3 до 4,5 ч.

Количество муки и жидких ингредиентов теста, подаваемых дозаторами в 1 мин, устанавливается лабораторией в зависимости от рецептуры и производительности агрегата.

Чистка корыта бродильного аппарата, т.е. чистка смачиваемого тестом периметра, частично производится движением самого теста. Борты корыта зачищают один раз в смену ручным скребком и смазывают растительным маслом.

Полностью бродильное корыто очищают при переходе на другой сорт теста или, согласно графику, через каждые от 15 до 20 суток работы. Производительность агрегата ХТР от 15 до 60 т хлеба в сутки, общая мощность электродвигателя 10,6 кВт, масса 2774 кг.

Для улучшения работы и повышения производительности агрегата на отдельных предприятиях осуществлены следующие мероприятия. Для повышения загрузки второго отделения бродильного корыта и обеспечения загрузки всех отделений угол наклона корыта снижен до 2°.

Во второй секции бродильного корыта дополнительно установлено одно звено ленточного шнека с шагом 500 мм на расстоянии 1150 мм от первого звена. Выходное отверстие бродильного аппарата увеличено до 400 x 180 мм. Для печей большой производительности и для двух печей ФТЛ-2 при одновременной работе на одном сорте изделия устанавливают спаренные агрегаты.

Основные недостатки агрегата ХТР: невозможно регулировать температуру теста в процессе брожения и изменения режима замеса; нельзя контролировать

длительность брожения теста во время работы агрегата; затруднен переход с одного сорта на другой.

В малогабаритном агрегате ХТР можно готовить тесто как на жидкой опаре, так и густой классической паре. В первом случае устанавливают только одну бродильную камеру с каскадными перегородками для постепенного накопления кислотности опары; во втором случае устанавливают две одинаковые бродильные камеры одну за другой, рядом или одну над другой; первая из этих камер предназначена для приготовления классической опары, а вторая для нормального выбраживания теста до разделки.

Обе камеры имеют длину по 2 м, и агрегат в целом рассчитан на максимальную производительность до 12 т готовой пшеничной продукции в сутки. Минимальная производительность – 4 т готовой продукции.

Для непрерывного приготовления теста в однобункерных тестоприготовительных агрегатах технологический расчет сводится к определению потребной емкости и размера бункеров для брожения опары или закваски и определению объема емкости для кратковременного брожения теста.

Важно, чтобы в секции бункера загружалась такая масса опары, или закваски которая по максимальному объему, достигаемому при брожении, соответствовала бы емкости секции.

При производстве на одной линии нескольких сортов хлебобулочных изделий расчет агрегата следует производить по такому сорту хлеба, который дает наибольшую выработку и требует максимальной емкости бункера для брожения полуфабриката.

Вместимость одной секции бункера, л, определяется

$$V_c = \frac{M_c \cdot 100}{q}, \quad (2.24)$$

где M_c – количество замешанной муки для заполнения одной секции опарой (включая и муку, находящуюся в жидких дрожжах), кг/ч;

q – норма загрузки муки для опары на 100 л объема емкости брожения, кг.

$$M_c = \frac{M_{ro} \cdot r}{60}, \quad (2.25)$$

где M_{ro} – часовой расход муки на приготовления опары, кг/ч

r – ритм загрузки-разгрузки секции, мин

$$M_{ro} = \frac{M_r \cdot p}{100}, \quad (2.26)$$

где p – количество муки на приготовление опары из расчета 100 кг муки для теста, кг;

M_r – часовой расход муки на приготовление теста, кг/ч.

Часовой расход муки для теста

$$M_r = \frac{P_{\text{ч}} \cdot 100}{B_x}, \quad (2.27)$$

где $P_{\text{ч}}$ – производительность печи по данному сорту изделий, кг/ч;

B_x – выход изделия, %

Ритм загрузки – разгрузки секции, мин

$$r = \frac{T_{\text{бр}}}{n-1}, \quad (2.28)$$

где $T_{\text{бр}}$ – занятость секции под брожением, мин;

n - число секции бункера.

Отсюда

$$M_c = \frac{M_{\text{ч}} \cdot p \cdot r}{100 \cdot 60} = \frac{P_{\text{ч}} \cdot 100 \cdot p \cdot r}{B_{\text{х}} \cdot 100 \cdot 60} = \frac{P_{\text{ч}} \cdot 100 \cdot p \cdot T_{\text{бп}}}{B_{\text{х}} \cdot 100 \cdot 60 (n-1)}, \quad (2.29)$$

$$V_c = \frac{P_{\text{ч}} \cdot 100 \cdot p \cdot T_{\text{бп}} \cdot 100}{B_{\text{х}} \cdot 100 \cdot 60 (n-1) \cdot q_0} = \frac{P_{\text{ч}} \cdot p \cdot T_{\text{бп}} \cdot 100}{B_{\text{х}} \cdot 60 (n-1) \cdot q_0}. \quad (3.30)$$

Общая вместимость бункера, м^3

$$V_{\text{общ}} = V_c \cdot n = \frac{P_{\text{ч}} \cdot p \cdot T_{\text{бп}} \cdot n}{B_{\text{х}} \cdot 60 (n-1) \cdot q_0} \quad (2.31)$$

Необходимый объем бункера, м^3 , для брожения закваски (при выработке ржаного теста) рассчитывают аналогично, только при расчете учитывают количество муки для закваски P_1 и муки в закваске, расходуемой на приготовление новой порции закваски P_2 .

Расход муки на замес закваски, кг

$$M_{\text{ч.з.}} = \frac{M_{\text{ч}} \cdot (p_1 + p_2)}{100}, \quad (2.32)$$

Если расчетный объем бункера V_p окажется несколько больше стандартного V_c , предусматривают увеличение высоты цилиндрической части бункера на величину h , м

$$h = \frac{4 \cdot (V_p - V)}{\pi d^2}, \quad (2.33)$$

где V_p – расчетный объем бункера, м^3 ;

V – объем стандартного бункера, м^3 ;

d – диаметр цилиндрической части бункера, м

Для агрегатов И8-ХТА-6, МТИПП-РМК-7, И8-ХТА-12 стандартный объем бункеров соответственно составляет 6,0 и 12 м^3 .

Если тесто готовится на жидких полуфабрикатах (опарах, заквасках), в этом случае используют агрегаты РЗ-ХТН или ВНИИХП со стандартным объемом бродильного аппарата 5,2 м^3 .

Его расчетный объем, м^3 , равен

$$V_p = \frac{G_q^o \cdot t_{br} \cdot (1+X)}{\rho}, \quad (2.34)$$

где G_q – часовой расход жидкого полуфабриката, кг/ч;

t_{br} – длительность брожения полуфабриката, ч;

ρ – плотность выброженного полуфабриката ($\rho = 800 \text{ кг/м}^3$)

$(1+X)$ – коэффициент, учитывающий увеличение объема полуфабриката в процесс брожения ($X = 0,50$).

Необходимый объем емкости воронки над делителем для кратковременного брожения теста, м^3 , рассчитывается исходя из от 25 до 40 минутной продолжительности брожения.

Емкость над тестоделителем, м^3

$$V_T = \frac{100 \cdot P_q \cdot 100 \cdot T}{B_x \cdot 60 \cdot q_m \cdot 100} = \frac{P_q \cdot T}{B_x \cdot 6 \cdot q_m}, \quad (2.35)$$

где q – норма загрузки муки для теста на 100 л объема емкости брожения, кг.

В случае использования тестоприготовительного агрегата ХТР часовой расход муки, кг, перерабатываемой агрегатом

$$M_{\text{ч}} = \frac{П \cdot 100}{В \cdot 24}, \quad (2.36)$$

где П - суточная производительность печи по хлебу, кг;

В – выход готовой продукции, %.

Объем опарного корыта, л

$$V_0 = \frac{M_{\text{ч}} T_0 \cdot 100}{q}, \quad (2.37)$$

где T_0 – продолжительность брожения опары, ч;

q – норма загрузки муки в опару, кг на 100 л объема корыта.

Объем тестового корыта

$$V_{\text{т}} = \frac{M_{\text{ч}} T_{\text{т}} \cdot 100}{q'}, \quad (2.38)$$

где $T_{\text{т}}$ – длительность брожения теста, ч;

q - норма загрузки муки в тесто, кг на 100 л объема корыта.

Так как объемная масса теста в процессе брожения изменяется от 1,1 до 0,7, а опары от 1 до 0,5, емкость бродильного корыта агрегата непрерывного действия должна быть значительно меньше суммарной емкости сосудов для брожения периодического действия.

Емкость по опаре и тесту определяется из средней объемной массы в начале и в конце брожения опары

$$\text{для опары } \frac{1+0,5}{2} = 0,75 \text{ кг/л;}$$

$$\text{для теста } \frac{1,1+0,7}{2} = 0,9 \text{ кг/л.}$$

Принимается один типоразмер тесторазделочного агрегата непрерывного действия без бортов и с бортами. Для больших емкостей – по два агрегата (один для опары и второй для теста).

При ускоренных способах приготовления теста для интенсификации его созревания рекомендуется интенсивный замес, который может осуществляться в тестомесильных машинах периодического действия Ш2-ХТ-2И, Р3-ХТИ-3 и других, оснащенных стационарной ёмкостью для замеса теста. При этом брожение теста может происходить в дежах, в увеличенной воронке над тестоделителем, цепном бродильном конвейере Ш2-ХББ (в комплекте с тестомесильной машиной и дозаторами - агрегат Ш2-ХТД), кольцевом дежевом конвейере Ш2-ХБВ (в комплекте с тестомесильной машиной, дозаторами и дежеопрокидывателем - агрегат Ш2-ХТК) и др. Агрегат Ш2-ХТК может комплектоваться также тестомесильными машинами Т1-ХТ-2А, А2-ХТ-2Б, ХПО-3.

Производительность месильной машины (дозатор, варочный котел и т.п. периодического действия)

$$П = \frac{V \cdot \rho \cdot \varphi}{t_b + t_3}, \quad (2.39)$$

где V - объем дежи, бункера, м³;

ρ - плотность продукта, кг/м³;

φ - коэффициент заполнения

$t_b + t_3$ - цикл работы, с (например t_b - время вспомогательное; t_3 - время замеса теста).

Смеситель непрерывного действия

$$P = \frac{\pi D^2}{4} S \cdot n \cdot \rho \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (2.40)$$

где D - диаметр лопаток, м;

S - шаг лопаток, м;

n - частота вращения, 1/с;

ρ - плотность продукта, кг/м³;

k_1 - коэффициент формы лопаток;

k_2 - коэффициент угла поворота лопаток.

Расчет потребностей мощности различных машин определяется зачастую с некоторыми допущениями. Мощность рассчитывается через производительность машины или через работу выполняемую рабочими органами.

Так, потребная мощность двигателя шнекового дозатора муки N , кВт

$$N = \frac{Pq}{1000 \cdot \eta} (L \cdot c + H), \quad (2.41)$$

где η – к.п.д. привода;

L – горизонтальная проекция пути перемещения, м;

c – коэффициент сопротивления перемещению муки в корпусе дозатора, для муки;

k – коэффициент, учитывающий потери на трение в подшипниках, около 1,2;

H – высота подъема продукта.

Потребная мощность ленточного дозатора муки N , кВт

$$N = \frac{P \cdot V}{1000 \cdot \eta} , \quad (2.42)$$

где P – окружное усилие на приводном барабане, Н;
 V – скорость ленты, м/с.

$$N = \frac{Pq}{1000 \cdot \eta} (L \cdot c + H) , \quad (2.43)$$

где S_n – напряжение ленты на приводном барабане, Н;
 S_1 – предварительное напряжение ленты, от 9,8 до 19,6 Н на 10 мм ширины ленты.

Потребная мощность на замес теста в месильных машинах периодического действия определяется

$$N = \frac{0,4 \cdot m \cdot R \cdot \omega \cdot q \cdot z}{1000 \cdot \eta} , \quad (2.44)$$

где m – масса теста в деже, кг;
 R – максимальный радиус вращения месильного органа, м;
 ω – угловая скорость, рад/с;
 η – к.п.д. привода;
 z – количество месильных органов.

Эта же мощность может быть определена как сумма работ необходимых для замеса теста, кВт

$$N = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{\eta} , \quad (2.45)$$

где A_1 – работа расходуемая на перемешивание массы;

A_2 – работа расходуемая на вращение лопастей;

A_3 – работа, расходуемая на нагрев теста и соприкасающихся с ним деталей машины;

A_4 – работа расходуемая на изменение структуры теста.

Потребная мощность на деление теста в тестоделителях зависит от конструкции механизма нагревания и деления теста. Мощность для тестоделителя со шнековым нагнетателем и отсекающим устройством (нож, делительная головка - грань мерного кармана), кВт

$$N = \frac{4 \cdot p \cdot \pi \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot (R^3 - r^3) \cdot n + 3P \cdot L \cdot v}{3000 \cdot \eta}, \quad (2.46)$$

где p – рабочее давление, около 0,2 Мпа;

α – угол подъема винтовой линии;

R – наружный радиус шнека, м;

r – радиус вала шнека, м;

n – частота вращения шнека, с-1;

P – удельное сопротивление резанию, Н/м;

L – длина режущей кромки (ножа, грани мерного кармана);

v – скорость резания, м/с;

η – к.п.д. привода.

Мощность делителя с лопастным или поршневым нагнетанием и делением мерным карманом, кВт

$$N = \frac{(A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_7)}{\tau \cdot \eta}, \quad (2.47)$$

где A_1 – работа расходуемая на сжатие теста в рабочей камере до 0,1 Мпа;

A_2 – работа расходуемая на преодоление сопротивления при перемещении теста;

A_3 – работа расходуемая на стабилизацию давления;

A_4 – работа расходуемая на отделение (отрезание) куска теста;

A_5 – работа расходуемая на возврат теста из рабочей камеры в приемную воронку;

A_6 – работа расходуемая на перемещение нагнетателя;

τ – время цикла.

Мощность тестоделителя с валковым нагнетателем и делением мерным карманом, кВт

$$N = \frac{(N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_4)}{\eta}, \quad (2.48)$$

где N_1 – мощность необходимая на вращение (нагнетание) валков, кВт;

N_2 – мощность необходимая на отделение (отрезание) куска теста, кВт;

N_3 – мощность необходимая на привод сбрасывающего валика, кВт;

N_4 – мощность необходимая на привод отводящего конвейера, кВт.

$$N_1 = pR^2l(\alpha + 2\beta)tg\varphi \cdot \omega, \quad (2.49)$$

где P – рабочее давление, МПа;

R – радиус валка, м;

α, β – углы питания и нагнетания, рад;

φ – угол трения теста о валок;

ω – угловая скорость валка.

2.2 Расчет технологического оборудования для механизации выполнения финишных операций

Технологическое оборудование для механизации выполнения финишных операций рассматривается в соответствии с классификацией по функциональному признаку. Сюда можно отнести дозаторы сырья и полуфабрикатов, дозаторы пластичных сырья и полуфабрикатов (тестоделители) и машины для наполнения и герметизации тары. Расчеты данного оборудования даны в этом разделе.

Производительность тесто делительных машин, кг/с, у которых деление осуществляется мерными карманами (независимо от способа нагнетания теста в делительную головку), рассчитывают по формуле

$$P_d = S \cdot n_d \cdot m, \quad (2.50)$$

где S - число мерных карманов;

n_d - число циклов движения делительной головки, об/с;

m - масса куска теста, кг.

После определения производительности тестоделительной машины рассчитывают производительность нагнетателя теста в зависимости от его конструкции.

Производительность шнекового нагнетателя, кг/с

$$P_{ш} = 0,786 \cdot z \cdot (D^2 - d^2) \cdot t \cdot \rho \cdot n \cdot k, \quad (2.51)$$

где z - число нагнетательных шнеков;

D - наружный диаметр шнека, м;

d - диаметр вала шнека, м;

t - шаг шнека, м;

ρ - плотность теста, кг/м³;

n - частота вращения шнека, об/с;

k - коэффициент объемной подачи теста, зависит от степени обработки поверхности штока, физико-механических свойств теста (при расчетах принимают для одношнековых машин от 0,25 до 0,3, для двухшнековых от 0,4 до 0,45).

Производительность поршневого нагнетателя, кг/с

$$P_{II} = F \cdot l \cdot \rho \cdot n \cdot k, \quad (2.52)$$

где F - площадь поршня нагнетателя, м²;

l - ход поршня, м;

n - частота ходов поршня, об/с;

ρ - плотность теста, кг/м³;

k - коэффициент возврата теста в приемную воронку делителем зависит от массы куска теста (от 0,1 до 0,3).

Производительность валкового нагнетателя, кг/с

$$P_B = B \cdot h \cdot \pi \cdot D \cdot \rho \cdot n \cdot k_{II}, \quad (2.53)$$

где B, h - длина валков и зазор между валками, м;

D - диаметр валков, м;

n - частота вращения валков, с;

ρ - плотность теста, кг/м³;

k_{II} - коэффициент перетекания теста (0,3).

Производительность лопастного нагнетателя, кг/с

$$P_L = a \cdot b \cdot \rho \cdot n \cdot k_{II}, \quad (2.54)$$

где a, b - геометрические размеры лопасти, м;

n - частота вращения лопасти, об/с;

p - плотность теста, кг/м³;

k_n – безразмерный коэффициент, от 0,3 до 0,6.

Мощность, кВт, потребляемая тестоделительной машиной со шнековым нагнетанием

$$N = \frac{4 \cdot p \cdot \pi^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha (R^2 - r^2) \cdot n + 3 \cdot P_1 \cdot L \cdot v}{3000 \cdot \eta}, \quad (2.55)$$

где p - рабочее давление (для теста из пшеничной обойной муки, от 0,05 до 0,125 МПа, для теста из ржаной муки не более 0,2 МПа);

α - угол подъема винтовой линии ($\alpha = 12^\circ$);

R - наружный радиус шнека, м;

r - радиус вала шнека, м;

n - частота вращения шнека, об/с;

P_1 - удельное сопротивление резанию теста, Н/м (для теста из пшеничной муки

$P_1 = 0,15$ кН/м, для теста из ржаной обойной муки = $0,1$ кН/м);

L - длина режущей кромки ножа, м;

v - скорость резания, м/с;

η - КПД приводного механизма.

Число тестоделительных машин зависит от требуемого количества тестовых заготовок определенного сорта. Потребность в тестовых заготовках рассчитывают по формуле

$$n_T = \frac{P_x}{m \cdot 3600}, \quad (2.56)$$

где P_x - выработка хлеба определенного сорта (по готовой продукции), кг/ч;

m - масса изделий, кг.

Число тестоделительных машин для заданного ассортимента рассчитывают по уравнению

$$N = \frac{n_T \cdot x}{n_D}, \quad (2.57)$$

где n_D - производительность делителя, кусков/с;

x - коэффициент запаса на остановку делителя и возврат кусков (от 1,04 до 1,05).

Для определения размеров рабочих органов тесто делительных машин основными параметрами являются производительность и требуемая масса куска теста.

В тестоделительных машинах со шнековым нагнетанием теста одним из основных рабочих органов является шнек, размеры которого, исходя из опытных данных, следует принимать в таких пределах: диаметр от 150 до 250 мм, шаг от 120 до 200 мм, частота вращения от 0,5 до 1,34 об/с (в зависимости от вида перерабатываемого теста).

В тестоделительных машинах с валковым нагнетанием теста рекомендуется исходить из следующих данных.

Для нагнетания пшеничного теста диаметр валков необходимо принимать равным от 100 до 250 мм, оптимальная величина 150 мм, оптимальный зазор между валками от 10 до 12 мм.

Для нагнетания ржаного теста влажностью от 50 % до 53 % диаметр валков должен быть не менее 220 мм. Окружная скорость валков не должна превышать 0,7 м/с, поверхность валков желательна рифленая.

При делении пшеничного теста давление в нагнетательной камере должно составлять от 0,05 до 0,125 МПа, при делении ржаного теста не более 0,2 МПа.

При расчете тестоделительных машин с поршневым нагнетанием теста определяют размеры рабочей камеры и ход нагнетательного поршня.

При расчете тестоделительных машин с лопастным нагнетанием теста определяют объем камеры с вращающейся лопастью. Частоту вращения лопасти устанавливают в зависимости от числа циклов работы делительной головки, сорта и массы вырабатываемых изделий.

Форма куска, выходящего из делителя, имеет важное технологическое значение для дальнейшей механической обработки теста. Наилучшей формой являются куб, шар или цилиндр с высотой, равной диаметру.

Геометрические размеры мерных карманов делительной головки можно определить, если известна максимальная и минимальная масса кусков теста

$$m_{\max} = a^2 \cdot l_{\max} \cdot \rho, \quad (2.58)$$

$$m_{\min} = a^2 \cdot l_{\min} \cdot \rho, \quad (2.59)$$

$$m_{\text{опт}} = a^3 \cdot \rho, \quad (2.60)$$

где m_{\max} и m_{\min} - максимальная и минимальная масса кусков, кг;

a - размер стороны квадрата мерного кармана, м;

l_{\max} и l_{\min} - максимальная и минимальная длина мерного кармана, м;

$m_{\text{опт}}$ - оптимальная масса куска теста, кг.

Коэффициент K - отношение масс кусков теста - находят по уравнениям

$$K = \frac{m_{\max}}{m_{\text{опт}}} = \frac{l_{\max}}{a}, \quad (2.61)$$

ИЛИ

$$K = \frac{m_{\text{ОПТ}}}{m_{\text{min}}} = \frac{l_{\text{max}}}{a}, \quad (2.62)$$

где l_{max}/a - отношение максимального размера мерного кармана к размеру его стороны; a/l_{min} - отношение размера стороны к минимальной длине кармана.

Приравняв эти две формулы и решив полученное уравнение относительно оптимальной массы куска теста, получим

$$m_{\text{ОПТ}} = (m_{\text{max}} + m_{\text{min}})^{0,5}, \quad (2.63)$$

$$m_{\text{ОПТ}} = m_{\text{min}} K^{0,5}; m_{\text{ОПТ}} = \frac{m_{\text{max}}}{K^{0,5}}, \quad (2.64)$$

Практикой установлено, что отношение максимальной массы к минимальной не должно превышать 5. Чем меньше K , тем лучше технологические условия для дальнейшей механической обработки куска.

Зная оптимальную массу куска теста, можно найти поперечные размеры мерных карманов по одной из формул

$$a = \left(\frac{m_{\text{ОПТ}}}{p} \right)^{0,33}; \quad a = \left(\frac{m_{\text{min}} K^{0,5}}{p} \right)^{0,33}; \quad d = \left(\frac{m_{\text{max}}}{p K^{0,5}} \right)^{0,33}; \quad (2.65)$$

При цилиндрической форме мерных карманов диаметр их может быть определен по формулам

$$d = \left(\frac{4m_{\text{ОПТ}}}{\pi p} \right)^{0,33}; \quad d = \left(\frac{4m_{\text{min}} K^{0,5}}{\pi p} \right)^{0,33}; \quad d = \left(\frac{4m_{\text{max}}}{\pi p K^{0,5}} \right)^{0,33}; \quad (2.66)$$

Длину мерных карманов рассчитывают по формулам

$$l_{\max} = aK, \quad (2.67)$$

$$l_{\min} = \frac{a}{K}, \quad (2.68)$$

Длина головки, м

$$B = S \cdot a + (S + 1) \cdot \delta_1 + 2 \cdot \delta_2, \quad (2.69)$$

где S - число мерных карманов в делительной головке;

δ_1 - толщина перегородок между мерными карманами ($\delta_1 = 20$ мм);

δ_2 - толщина боковых стенок делительной головки ($\delta_2 = 25$ мм).

Ширину делительной головки принимают на 30 % больше длины наибольшего по массе куска теста

$$b = 1,3 \cdot l_{\max} = 1,3 \cdot a \cdot K^{0,5}, \quad (2.70)$$

Размеры рабочей камеры делителя с поршневым нагнетателем теста определяют в следующем порядке для деления крупных кусков теста

$$V_{P.K} = 4 \cdot a^2 \cdot l_{\max} = 4 \cdot a^3 \cdot K^{0,5}, \quad (2.71)$$

для деления мелких кусков теста

$$p_{P.K} = 16 \cdot a^3 \cdot K^{0,5}, \quad (2.72)$$

где $V_{P.K}$ - объем рабочей камеры поршневого нагнетателя, м³ ;

a - размер стороны квадрата поршня, м.

Высот камеры, м

$$h = 1,25 \cdot a , \quad (2.73)$$

Ширина рабочей камеры, м

$$C = S \cdot a + (S - 1) \cdot \delta_1 + 20, \quad (2.74)$$

Длина рабочей камеры, м

$$L = \frac{V_{P.K}}{h \cdot C} , \quad (2.75)$$

Объем рабочей камеры (нагнетания) тестододелительных машин, предназначенных для деления крупных кусков теста, принимают в 5 раз больше суммарного объема всех мерных карманов для максимальной массы кусков, а для кусков мелкого развеса объем принимают в 20 раз больше.

Поперечное сечение нагнетательного поршня соответствует размерам рабочей камеры (h и C). Длину поршня принимают 1,00 C .

Размер отверстия приемной воронки в месте соединения ее с рабочей камерой должен быть не менее 250 x 250 мм. В том случае, если невозможно выполнить отверстие по рекомендуемым размерам, приемную воронку снабжают питающим устройством для обеспечения нормальной подачи теста в рабочую камеру.

Ход поршня в делительной машине, м

$$X_{\text{ПОЛН}} = \frac{S \cdot a^3 \cdot \sqrt{K} + V_{P.K} \cdot \left(1 - \frac{P_{P.K}}{P_{T.K}}\right)}{F \cdot h \cdot \left(1 - \varphi \frac{P_{P.K}}{P_{T.K}}\right)}, \quad (2.76)$$

где φ - коэффициент возврата теста в приемную воронку (от 0,3 до 0,5), зависит от качества муки и сорта вырабатываемых изделий;

$P_{P.K}$ - плотность теста до сжатия, кг/м²;

$P_{T.K}$ - плотность теста после сжатия (от 1040 до 1090).

Приведем пример расчета основных параметров тестоделителя со шнековым нагнетателем. Тестоделитель имеет производительность 60 кг/мин и дает тестовые заготовки массой 1 кг, плотность теста 750 кг/м, коэффициент подачи 0,45. Машина имеет два мерных кармана и два нагнетательных шнека. Наружный диаметр шнеков 150 мм, диаметр вала 50 мм, шаг шнека 120 мм. Определить необходимое число циклов работы делительной головки, а также частоту вращения нагнетательных шнеков в тесто делительной машине.

Используются следующие условные обозначения:

P_d - производительность тестоделителя, кг/с;

m - масса куска теста, кг;

ρ - плотность теста, кг/м³;

k - коэффициент объемной подачи теста;

S - число мерных карманов;

z - число нагнетательных шнеков;

D - наружный диаметр шнека, м;

d - диаметр вала шнека, м;

t - шаг шнека, м;

n - частота вращения шнека, об/с;

n_d - число циклов движения делительной головки, об/с.

Расчет ведется по методике, изложенной в источнике. Определяем число циклов работы тестоделителя

$$P_d = \frac{P_d}{S \cdot m} = \frac{60}{60 \cdot 2 \cdot 1} = 0,5 \text{ об/с,}$$

$$n = \frac{P_d}{0,786 \cdot z \cdot (D^2 - d^2) \cdot t \cdot p \cdot k} = \frac{0,5}{0,786 \cdot 2 \cdot (0,15^2 - 0,05^2) \cdot 0,12 \cdot 750 \cdot 0,45} = 0,785 \text{ об/с.}$$

Найдем частоту вращения шнеков

$$n = \frac{P_d}{0,786 \cdot z \cdot (D^2 - d^2) \cdot t \cdot p \cdot k} = \frac{0,5}{0,786 \cdot 2 \cdot (0,15^2 - 0,05^2) \cdot 0,12 \cdot 750 \cdot 0,45} = 0,785 \text{ об/с.}$$

3 Тестоприготовительные агрегаты

Агрегатами системы Гатилина оснащались хлебозаводы в 1940 годах. Некоторые предприятия используют их и в настоящее время в различных модификациях. По сравнению с дежами агрегат требует меньше производственных площадей, повышается производительность труда, облегчаются условия работы и т.д. Но агрегаты данной серии громоздки, необходима достаточная высота помещения или установка агрегата на двух этажах. Подача опары по трубопроводу в тестомесильную машину должна производиться на высоту около 4 м.

Выпуск данного вида оборудования прекращен, однако конструкция и принцип работы агрегатов системы Н.Ф. Гатилина легли в основу конструкции современных тестоприготовительных агрегатов как периодического, так и

непрерывного действия, в которых используются интенсивный замес и сокращенная продолжительность брожения теста.

Бункерный тестоприготовительный агрегат средней мощности БАГ-20/30 предназначен для приготовления ржаного и пшеничного теста двухфазным способом. Производительность агрегата по готовому хлебу составляет от 20 до 30 тонн в сутки.

По принципу действия и устройству он аналогичен агрегату большой мощности. В состав агрегата входит следующее оборудование: два автомукомера МД-100, две автоматические дозировочные станции для жидких компонентов ВНИИХП, две модифицированные тестомесильные машины типа «Стандарт» с откидным клапаном в днище дежи, дозатор для опары, установленный на платформе циферблатных весов АДЦ-30, два шестисекционных бункера: для брожения опары (закваски) и для брожения теста, шнековый питатель для опары и пульт управления.

Каждый бункер опирается на три ролика, два из которых приводятся в движение от электродвигателя 2 ($N = 1$ кВт, $n = 930$ об/мин). Поворот бункера после заполнения каждой секции производится на 60° .

Мука, вода и дрожжи подаются в дежу для замеса опары, которая после окончания замеса выгружается через клапан в днище дежи в свободную секцию бункера. После полного оборота бункера выброшенная опара через открытый шибер выпускается в шнековый питатель, который по трубе подает её в дозатор для опары. Замес теста производится в деже, куда подаются порция опары, мука из автомукомера и жидкие компоненты из дозировочной станции. Замешенное тесто выгружается через открытый клапан в днище дежи в свободную секцию бункера для брожения. После полного оборота бункера выброженное тесто через открытый шибер подается в воронку тестоделителя.

Вся работа бункерных тестоприготовительных агрегатов автоматизирована. Управление работой агрегата производится с пульта; предусмотрено как

автоматическое, так и ручное управление. На пульте размещены два электрических командных прибора КЭП-12У, кнопочные станции, сигнальная аппаратура, логометр с переключателем.

Дистанционный контроль температуры воды и жидких компонентов в дозирующих станциях, а также температуры опары и теста осуществляется термометрами сопротивления, включающимися в логометр с помощью шеститочечного переключателя или в многоточечный электронный мост. На щите пульта управления расположены сигнальные лампы, фиксирующие работу машин.

Существует тестоприготовительный агрегат малой мощности. Для замеса использованы месильные машины периодического действия «Стандарт», приспособленные для разгрузки их без останова; для брожения применены шестисекционные бункеры вместимостью по 6 м³. Опару (закваску) не разжижают, а подают в месильные машины при помощи шнеконасосов по трубопроводам.

Бункер установлен на трёх роликах и вращается от приводного ролика. При повороте очередная секция бункера устанавливается под месильной машиной, а соседняя – под отверстием регулируемого шибера для разгрузки.

При выработке ржаного теста, часть закваски возвращается для возобновления. Работа агрегата аналогична вышеописанным конструкциям.

Для приготовления ржаного и пшеничного теста двухфазным способом также используют Агрегат системы Марсакова. Тесто готовится в дежах вместимостью 1 м³, установленных в гнёздах жесткого кольцевого конвейера. Большая часть кольца конвейера заключена в камеру, а на открытых участках кольца установлены три тестомесильные машины: для замеса опары, для замеса теста, для обминки, а также дежеопрокидыватель. Месильные машины и дежеопрокидыватель установлены таким образом, что период перемещения дежей между ними соответствует времени брожения опары и теста. Кольцевой конвейер имеет периодическое движение с перемещением на один шаг между дежами. В период остановки кольца

одновременно производится четыре операции: замес опары и теста, обминка и освобождение дежи на опрокидывателе от теста, которое по тестоспуску направляется на разделку. По окончании этих операций кольцевой конвейер перемещается на один шаг дежей, поэтому к месильным машинам и дежеопрокидывателю подаются очередные дежи для повторения операций.

Достоинством кольцевого агрегата является возможность перехода с одного сорта изделий на другой без потери времени и дополнительных операций. Недостатком кольцевого агрегата является отсутствие возможности независимого регулирования времени брожения опары и теста, а также низкий коэффициент использования тестомесильных машин из-за различной продолжительности замеса опары, теста и обминки.

Агрегат МТЭ-5 используется в судовых хлебопекарных блоках для приготовления ржаного и пшеничного теста. Агрегат состоит из поворотной тестомесильной машины с ныряющим месильным рычагом и пяти вращающихся деж 2 емкостью $0,33 \text{ м}^3$ и водоподготовительной установки. При круглосуточной работе агрегат обеспечивает выпуск до 4 т хлеба.

Тестомесильная машина приводит в движение рабочий орган - месильный рычаг - и вращает дежу во время замеса. Машина состоит из трех основных частей: верхней части головки с электродвигателем, нижней поворотной части и основания. Головку, скрепленную с нижней поворотной частью машины, можно поворачивать вручную вокруг оси основания, которое неподвижно закреплено на фундаментной площадке. Месильный рычаг 7 совершает точно такое же движение, как и рычаг в тестомесильной машине «Стандарт».

В течение всего периода замеса дежа получает вращение вокруг собственной оси, а лопасть месильного рычага при погружении в тесто проходит у самых стен дежи, поэтому обеспечивается достаточно равномерный и полный промес порции теста. В дежевой комплект входят трехдежевая карусель 2,3,4 и две стационарные

дежи 5 и 6; в каждой из них производится как замес, так и брожение заквасок, опары и теста. Карусель состоит из дежей 2,3,4 с приводным и опорным устройствами, остова и основания карусели. Остов карусели вместе с установленными на нем дежами может поворачиваться вручную вокруг оси основания. Кроме того, каждая из дежей может вращаться вокруг собственной оси.

Конвейерный дежевой агрегат представляет собой цепной конвейер по типу расстойных шкафов для окончательной расстойки теста, где к цепям вместо люлек подвешены горизонтальные цилиндрические емкости для брожения теста.

Опыт работы хлебопекарных предприятий по эксплуатации конвейеров шкафного типа для брожения теста с использованием месильных машин РЗ-ХТИ показал хорошие результаты. Использование такого агрегата полностью механизмирует процесс, высвобождает ручной труд при транспортировке дежей, позволяет организовать поточное производство теста с оптимальными показателями его качества. При этом сокращаются потери сырья, высвобождаются производственные площади и повышается культура производства. При установке нескольких таких агрегатов уменьшается число рабочих, занятых на обслуживании тестоприготовительного оборудования, повышается производительность труда.

Малогабаритный тестоприготовительный агрегат ММТ предназначен для замеса ржаного и пшеничного теста и промежуточных фаз (закваски, опары). Он состоит из тестомесильной машины, просеивателя для муки с бункером, водоподготовительного устройства и привода.

Вал ворошителя приводится в движение от качающихся стоек просеивателя при помощи тяги и рычага. Трубопроводы водоподготовительного устройства обеспечивают подачу воды из бака в тестомесильную машину и слив воды в канализацию. Снаружи агрегата, на открывающейся дверце, установлен магнитный пускатель с кнопками управления в водонепроницаемом корпусе.

Компоновка тестоприготовительных агрегатов и тесторазделочных линий, принцип действия и конструкции тестомесительных, делительных и формовочных машин зависят от выбранных технологических схем производства и свойств перерабатываемого сырья. Как правило, хлебопекарное оборудование, имеющее одинаковое функциональное назначение, но обрабатывающее ржаные или пшеничные полуфабрикаты, существенно отличается по конструкции и характеру движения рабочих органов.

4 Оформление материалов курсового проектирования

4.1 Общие положения

Курсовое проектирование является заключительным этапом изучения дисциплины «Технологическое оборудование» при подготовке бакалавров.

Целью выполнения курсового проектирования является закрепление и углубление знаний студента по изучаемой дисциплине связанных с умением обосновывать принимаемые решения в области выбора и совершенствования технологической техники.

Основные задачи при выполнении проекта сводятся к умению студента:

- 1) анализировать одноплановую имеющуюся технику с точки зрения преимуществ и недостатков относительно друг друга;
- 2) обосновать принцип работы предлагаемой конструкции машины;
- 3) производить технологические расчеты оборудования для общественного питания.

Курсовой проект состоит из двух основных частей, оформленных в соответствии с требованиями ЕСКД:

1) текстовая документация (расчетно-пояснительная записка) включающая необходимые анализы, расчеты и обоснования технических решений, включая спецификации к выполняемым чертежам;

2) графическая часть (чертежи, схемы, графики).

Ориентировочный объем текстовой документации 40-60 страниц формата А4, объем графической части – 2 листа форматом А1. Текстовая документация должна иметь необходимые для раскрытия темы курсового проекта разделы, а графическая часть – наиболее характерные для данного оборудования чертежи (общие виды машин, кинематические схемы, оригинальные узлы и т.д.).

Текстовая документация пишется от руки либо может быть отпечатана на принтере. Графическая часть выполняется с учетом всех требований для машиностроительного черчения вручную либо с использованием машинного проектирования. Более подробно о составе и оформлении курсового проекта сказано в других разделах. В качестве основных библиографических источников для некоторых частей указаний использовались разработки кафедры.

Курсовое проектирование допускается к его защите автором, когда титульный лист и соответствующие формы пояснительной записки и графической части подписаны. При защите проекта студент должен показать эрудицию в области разработанного машинно-аппаратурного оформления конструкции, технологических расчетов техники подобного типа, оригинальных предлагаемых решений.

4.2 Текстовая документация и её оформление

Текстовая документация (расчетно-пояснительная записка) включает в себя: титульный лист, задание на проектирование, содержание, основные разделы проекта, список использованных источников информации, спецификации, приложения.

Основные разделы проекта должны отражать логически обоснованное техническое предложение по созданию технологической машины или аппарата.

Примерное построение разделов может быть следующим:

1. Введение
2. Состояние вопроса по данному направлению
3. Обоснование выбора принципиальной схемы машины
4. Описание конструкции и работы машины или аппарата
5. Технологические расчеты
6. Заключение
7. Список использованных источников информации
8. Спецификации
9. Приложения

Во введении дается обоснование актуальности постановки технической задачи и экономической целесообразности ее решения. При этом приводятся конкретные данные о решении рассматриваемого вопроса.

В разделе «Состояние вопроса» на основании изучения специальной технической и патентной литературы приводится анализ технологических процессов и конструкций машин (аппаратов), аналогичных по назначению проектируемой с указанием их достоинств и недостатков. Приводятся подробные технические характеристики техники.

В разделе «Выбор схемы машины» с учетом ознакомления с аналогичными конструкциями оборудования обосновывается принципиальная (технологическая) схема машины, которая должна иметь некоторые преимущества по сравнению с известной техникой. Здесь заостряется внимание на качестве технологического процесса обработки сырья или продукта.

В разделе «Описание конструкции и работы машины» детально рассматриваются конструктивные особенности оборудования, режимы и особенности его работы, техника безопасности при эксплуатации.

В пятом разделе обосновывается кинематическая схема машины, выявляются все кинематические параметры (число оборотов валов, число зубьев шестерен, передаточные отношения редукторов и др.) основных элементов оборудования.

В шестом разделе выполняются технологические расчеты проектируемой техники, которые включают определение расхода воды, пара, воздуха, выявление габаритов резервуаров, рабочих органов, основных габаритов оборудования. Особое место занимают расчеты производительности оборудования и мощности их электродвигателей.

В заключении кратко подводятся итоги по разделам записки. Заостряется внимание на основных достижениях в области режимов и качества обработки продуктов машинным способом, приводятся технико-экономические показатели разработанных конструкций техники в сравнении с аналогичной (повышение производительности, уменьшение энергопотребления и др.).

«Список использованных источников информации» размещают после заключения. Порядковые номера списка обозначаются арабскими цифрами. На каждый источник информации в текстовой документации делается ссылка путем написания номера источника, заключенного в квадратные скобки в конце предложений.

Спецификации начинаются с ведомости спецификаций, в которой должна быть указана вся документация по выполняемой графической части проекта. Далее идут спецификации общих видов разрабатываемой техники, узлов и др.

Обычно приложений (кроме спецификаций) в текстовой части проекта не делается, однако при выполнении оригинальных проектов (в первую очередь с научно-исследовательским уклоном) допускается в раздел «Приложения» помещать табличные данные, графики и другое, что способствует обоснованию качественной проработке технологического процесса и конструктивных особенностей техники.

4.3 Графическая часть проекта

Содержание (состав) графической части оговаривается предварительно в задании на курсовой проект, однако студент имеет право несколько видоизменить перечень материала. Это возможно, когда минимальное число основных форматов чертежей (А1) не набирается или когда предлагаемый другой материал более полно раскрывает суть проектируемой техники.

Обязательным условием является разработка общего вида проектируемой техники. Дополнительными чертежами могут быть кинематическая и технологическая схемы, характерные сборочные узлы машины.

4.4 Тематика проектов

В качестве разрабатываемой темы курсового проекта может быть любой механизм, аппарат или машина для предприятий общественного питания. Для студентов очного обучения тема проекта выдается преподавателем индивидуально для каждого обучающегося в виде задания на курсовое проектирование, в котором оговариваются сроки выдачи проекта и представлении его к защите, исходные данные для проектирования, содержание расчетно-пояснительной записки, перечень графического материала и специальная разработка. Для студентов других форм обучения темы курсовых проектов представлены ниже в 10 вариантах с учетом индивидуальных шифров.

При выполнении проектов студент имеет право выбирать недостающие исходные данные, связанные с обрабатываемым сырьем или продуктом (например: в варианте 1 продукт – мука ржаная высших сортов; в варианте 6 сырье – морковь и т.п.). Это предопределяет другие параметры, такие как насыпная масса сырья или продукта, его плотность, коэффициенты трения и др. Кроме того студент имеет право по своему выбору дополнить графическую часть проекта оговоренную в задании, если не выполняется общее требование по объему выполненной работы (два листа чертежей форматом А1). В качестве дополнительных чертежей можно представить любые схемы машины, чертежи ее узлов и деталей, схемы линии, в которой установлена машина.

Раздел «Технологические расчеты оборудования» способствует более качественному выполнению курсового проекта, так как в нем довольно подробно, в том числе на примерах рассматривается методика расчета различной техники для предприятий общественного питания.

Технологические расчёты оборудования сводятся к определению его производительности, мощности двигателей, к расходам пара, сырья, продукта и т.д. Это предопределяет зачастую рассчитывать геометрические размеры различных ёмкостей и камер, выявлять необходимые параметры работы рабочих органов, например, частоту вращения сита-барабана просеивателя. Часто необходимо определять единовременную массу загрузки сырья в различную технику, время обработки сырья или продукта, диаметры и количество отверстий в рабочих органах машин и др. При расчётах предварительно задаются исходными данными, которые удовлетворяют проектировщика определённой функциональной техники.

Данный раздел включает методику и технологические расчёты наиболее часто встречающегося оборудования предприятий общественного питания. Набор оборудования характеризует различные разделы изучаемой студентами дисциплины.

С целью более качественного усвоения предполагаемого материала перед расчётной частью рассматриваемой техники делается описание технологической машины, заостряется внимание на основных её элементах и работе. Предварительно кратко рассматривается технологический процесс, осуществляющийся в производственных машинах подобного типа.

Методики расчётов машин могут значительно отличаться от предлагаемых в данном разделе и, если студент при выполнении курсового проекта сможет предложить иные варианты обоснования технологических параметров оборудования, то это только приветствуется. В качестве основного литературного источника для технологических расчётов механического оборудования для предприятий общественного питания использовалась книга [2], при выполнении индивидуальных курсовых проектов с организацией и проектированием предприятий и другого оборудования рекомендуется литература [6-16].

4.5 Примерное содержание проекта

Краткий алгоритм выполнения курсового проектирования:

1) Теоретическая часть

а) Классификация оборудования;

б) Анализ современных отечественных конструкций и их зарубежных аналогов, их сравнительная оценка;

в) Принципиальная схема и описание работы.

2) Расчеты мощности (производительности) оборудования и его технических характеристик

а) Определить технические характеристики машин и аппаратов с 3 различными исходными параметрами рабочих элементов конструкции;

б) Выбрать наиболее оптимальный вариант оборудования;

в) Обоснование конструкции и режима работы оборудования;

г) Определение потребной мощности электродвигателя и подбор подходящего электродвигателя оборудования (по ГОСТ 19523-81);

д) Расчет мощности (производительности) оборудования;

е) Отобразить в графической части оборудование с выбранными параметрами рабочих элементов конструкции;

ж) Предложить усовершенствование, отобразить его в графической части и рассчитать технические характеристики оборудования после такой модернизации;

и) Привести машинно-аппаратурную схему производства с использованием описываемого оборудования.

3) Технологические расчеты

а) Выполнить технологический расчет материалов (сырья, полуфабрикатов);

б) Произвести оценку точности порционирования (дозирования, измельчения, фракционирования и т.п.) и сравнить с заявленными техническими данными.

В ходе курсового проектирования выполняются следующие расчеты:

1) Технологический расчет

Определяем производительность оборудования

2) Конструктивный расчет

На основании определенной производительности машины производим конструктивный расчет параметров ее элементов конструкции

3) Энергетический расчет

Определяем требуемую мощность электродвигателя и подбираем подходящий электродвигатель (по ГОСТ 19523-81)

4) Кинематический расчет

Определяем общее передаточное отношение редуктора

Список использованных источников

- 1 Медведев, П. В. Проектирование хлебопекарных предприятий : учебное пособие / П. В. Медведев, В. А. Федотов, Т. А. Бахитов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». - Оренбург : ОГУ. - 2016. – 104 с.
- 2 Милл, Р.К. Управление рестораном : учебник / Р.К. Милл ; ред. Г.А. Клебче. - 3-е изд. - Москва : Юнити-Дана, 2015. - 536 с. : табл., граф., ил., схемы - (Зарубежный учебник). - ISBN 978-5-238-01589-7.
- 3 Медведев, П. В. Тестомесильные машины и тестоприготовительные агрегаты : учебное пособие / П. В. Медведев, В. А. Федотов, Е. Я. Челнокова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». - Оренбург : ОГУ. - 2014. - 143 с.
- 4 Никифорова, Т. А. Проектирование хлебозаводов: учебное пособие / Т. А. Никифорова, П. В. Медведев, Е. В. Волошин. – Оренбург, 2006. – 99 с.
- 5 Гатилин, Н. Ф. Проектирование хлебозаводов: учебник / Н. Ф. Гатилин. – Москва: Пищевая промышленность, 1975. – 415 с.
- 6 Михелев, А. А. Справочник по эксплуатации технологического оборудования хлебопекарных предприятий / А. А. Михелев, М. Н. Сигал. - Москва: Пищевая промышленность, 1976. – 328 с.
- 7 Ройтер, И. М. Хлебопекарное производство: технологический справочник / И. М. Ройтер. – Киев: Государственное издательство технической литературы, 1963. – 490 с.
- 8 Мачихин, С. А. Технологическое оборудование хлебопекарных и макаронных предприятий: учебник для вузов / С. А. Мачихин. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 264 с.

- 9 Кузнецов, А. О. Пособие для пекаря / А. О. Кузнецов. – Москва: «Экономика», 2016. – 191 с.
- 10 Медведев, П. В. Подготовка основного и дополнительного сырья на хлебопекарных предприятиях: учебное пособие для вузов / П. В. Медведев, Е. Я. Челнокова, О. А. Кузнецов. – Оренбург: ОГУ, 2001. – 78 с.
- 11 Назаров, Н. И. Технология и оборудование пищевых производств: учебник для вузов / Н. И. Назаров. - Москва: Пищевая промышленность, 1977. – 352 с.
- 12 Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства: учебник для ВУЗОВ / Л. Я Ауэрман. – Санкт-Петербург: Профессия, 2003. – 416 с.
- 13 Медведев, П. В. Методические указания к выполнению курсового и дипломного проекта по дисциплине «Технология хлебопекарного производства» / П. В. Медведев, В. П. Попов, Г. Б. Зинюхин. - Оренбург: ОГУ, 1997. – 45 с.
- 14 Березин, М. А. Оборудование для ведения биотехнологических процессов : учебное пособие / М. А. Березин, В. В. Кузнецов, В. Н. Сивцов. - Саранск: Мордовия-Экспо, 2008. - 84 с.
- 15 Березин, М. А. Оборудование для переработки сельскохозяйственной продукции: учебно-методическое пособие / М. А. Березин. - Саранск: Мордов. гос. ун-т., 2012. - 127 с.
- 16 Ковалевский, В. И. Проектирование технологического оборудования и линий / В. И. Ковалевский. - Санкт-Петербург : ГИОРД, 2007. - 320 с.
- 17 Курочкин, А. А. Оборудование и автоматизация перерабатывающих производств / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, А. С. Гордеев. - Москва : КолосС, 2007. - 597 с.
- 18 Драгилев, А. И. Производство мучных кондитерских изделий / А. И Драгилев, Я. М. Сезанаев. – Москва: ДеЛи, 2000. – 446 с.

- 19 Гришин, А. С. Дипломное проектирование предприятий хлебопекарной промышленности / А. С. Гришин, Б. Г. Покатило, Н. Н. Молодых. – Москва: Агропромиздат, 2010. – 245 с.
- 20 Никитенко, А. П. Технологическое оборудование пищевых производств : учебное пособие / А. П. Никитенко. - Петропавловск-Камчатский, КамчатГТУ, 2006. - 109 с.
- 21 Головань, Ю. П. Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий / Ю. П. Головань. - Москва: Агропромиздат, 1988. - 338 с.
- 22 Хромеев, В. М. Оборудование хлебопекарного производства / В. М. Хромеев. – Москва: Академия, 2010. - 319 с.
- 23 Проектирование хлебопекарных предприятий с основами САПР / под редакцией Л. И. Пучковой – Москва: Колос, 1993. – 224 с.
- 24 Старшов, Г. И. Поточные технологические линии пищевых производств: учебное пособие / Г. И. Старшов, А. И. Никитин, К. В. Винокуров. – Саратов : СГУ, 2009. - 93 с.
- 25 Старшов, Г. И. Основы проектирования и расчет технологического оборудования пищевых предприятий: учебное пособие / Г. И. Старшов. – Саратов : СГТУ, 2008. - 187 с.
- 26 Сергеев, А. Ю. Сооружения и оборудование для хранения сельскохозяйственной продукции / А. Ю. Сергеев, В. М. Зимняков. - Пенза: РИО ПГСХА, 2015. - 208 с.
- 27 Сорокопуд, А.Ф. Технологическое оборудование. Традиционное и специальное технологическое оборудование предприятий пищевых производств : учебное пособие / А. Ф. Сорокопуд. - Кемерово: КемТИПП, 2009. - 202 с.
- 28 Смесительные машины в хлебопекарной и кондитерской промышленности / под редакцией А. Т. Лисовенко. - Киев : Урожай, 2015. - 192 с.

29 Прейс, В. В. Роторные машины и автоматические роторные линии в пищевых производствах / В. В. Прейс. - Тула: ТулГУ, 2012. - 108 с.

30 Правила организации и ведения технологического процесса на хлебопекарных предприятиях. – Москва: ГНИИХПП, 1999. – 216 с.

31 Машины, оборудование, приборы и средства автоматизации для перерабатывающих отраслей АПК. Каталог оборудования. Том 4, часть 1. «Хлебопекарная и макаронная промышленность». - Москва : АгроНИИТЭИИТО, 1990. – 131 с.

32 Технологическое оборудование хлебопекарных и макаронных предприятий / под редакцией С.А. Мачихина – Москва : Агропромиздат, 1986. - 263 с.

33 Нормы технологического проектирования предприятий хлебопекарной промышленности. ВНТП 02-85 / Минпищепром СССР. – Москва : ЦНИИТЭИ Минхлебопродукта СССР, 1987. - 97 с.

34 Михелев, А.А. Справочник по эксплуатации технологического оборудования хлебопекарных предприятий / А.А. Михелев, М.Н. Сигал. – Москва : Пищевая промышленность, 1976. - 328 с.

35 Михелев, А.А. Справочник по хлебопекарному производству / А.А. Михелев. – Москва : Пищевая промышленность, 1977. - 365 с.

36 Смесительные машины в хлебопекарной и кондитерской промышленности / под редакцией А.Т. Лисовенко. - Киев : Урожай, 1990. - 192 с.

37 Машины, оборудование, приборы и средства автоматизации для перерабатывающих отраслей АПК, том 4, часть первая «Хлебопекарная и макаронная промышленность». – Москва : АгроНИИТЭИИТО, 1990. - 131 с.

38 Головань, Ю.П. Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий / Ю.П. Головань. – Москва : Агропромиздат, 1988. - 338 с.

39 Тульский, Н.В. Агрегаты для приготовления теста на густых и жидких заквасках / Н.В. Тульский, В.П. Руденко. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 193 с.

40 Каталог технологического оборудования хлебопекарных предприятий / Академия наук СССР. – Москва : Ассоциация научно-производственных предприятий Межотраслевой научно-производственный комплекс «Технолог», 1990. – 317 с.

41 Отраслевой каталог «Оборудование для хлебопекарной промышленности». – Москва : ЦНИИТЭИлегпищемаш СССР, 1987 - 275 с.

42 Кузнецов, А. О. Пособие для пекаря / А. О. Кузнецов. – Москва: «Экономика», 2016. – 191 с.

43 Курочкин, А. А. Оборудование и автоматизация перерабатывающих производств / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, А. С. Гордеев. - Москва : КолосС, 2007. - 597 с.

44 Никифорова, Т. А. Оборудование для предприятий общественного питания : учебное пособие / Т. А. Никифорова, Д. А. Куликов, С. Пономарев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : ОГУ, 2012. - 131 с.

45 Василевская, С. Практикум по расчету технологического оборудования для продуктов из растительного сырья и общественного питания : учебное пособие / С. Василевская, Р. Касимов, А. Холодилин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : ОГУ, 2012. - 97 с.

46 Могильный, М. П. Торговое оборудование предприятий общественного питания : учебное пособие / М. П. Могильный. - Санкт-Петербург : Троицкий мост, 2014. - 181 с.

47 Драгилев, А. И. Технологическое оборудование кондитерского производства : учебное пособие / А. И. Драгилев, Ф. М. Хамидулин. - Санкт-Петербург : Троицкий мост, 2014. - 360 с.

48 Драгилев, А. И. Производство мучных кондитерских изделий / А. И. Драгилев, Я. М. Сезанаев. – Москва: ДеЛи, 2010. – 526 с.

Приложение А

(справочное)



Рисунок А.1 – Краткая классификация технологического оборудования



Рисунок А.2 – Классификация технологических операций для производства хлебобулочных изделий



Рисунок А.3 – Внешний вид пульта дистанционного управления для тестоприготовительного агрегата