

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Е.Я. Челнокова, П.В. Медведев, Т.А. Бахитов

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАКАРОННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

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 19.04.02 Продукты питания из растительного сырья

Оренбург  
2017

УДК 664.69 (075.8)  
ББК 36.83я73  
ЧЗ8

Рецензент – доцент, кандидат технических наук С.П. Василевская

**Челнокова, Е.Я.**

ЧЗ8 Физико-химические основы макаронного производства: учебное пособие / Е.Я. Челнокова, П.В. Медведев, Т.А. Бахитов; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2017. - 152 с.  
**ISBN 978-5-7410-1752-4**

В пособии рассмотрены теоретические аспекты курса «Физико-химические основы макаронного производства». Даны технологические расчеты производственной рецептуры макаронного теста, расхода и баланса сырья, представлены аппаратурные схемы автоматизированных поточных линий для производства макаронных изделий. Разработаны варианты контрольных заданий по разделам курса. Учебное пособие предназначено для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 19.04.02 Продукты питания из растительного сырья.

ISBN 978-5-7410-1752-4

УДК 664.69 (075.8)  
ББК 36.83я73

© Челнокова Е.Я., 2017  
© Медведев П.В., 2017  
© Бахитов Т.А., 2017  
© ОГУ, 2017

## Содержание

Введение.....	5
1 Физико-химические свойства основного сырья.....	6
1.1 Химический состав пшеничной муки.....	6
1.2 Характеристика макаронных свойств муки.....	11
1.3 Требования к качеству воды, идущей на замес макаронного теста.....	15
1.4 Вопросы для самоконтроля.....	16
2 Физико-химические и коллоидные процессы тестообразования.....	17
2.1 О клейковине макаронного теста.....	19
2.2 Влажность макаронного теста.....	20
2.3 Температура макаронного теста.....	22
2.4 Продолжительность и интенсивность замеса теста.....	25
2.5 Значение крупности частиц муки в процессе тестообразования.....	27
2.6 Коллоидные процессы тестообразования.....	30
2.7 Ферментативные процессы тестообразования.....	32
2.8 Вакуумирование теста.....	34
2.9 Высокотемпературный режим замеса теста.....	36
2.10 Вопросы для самоконтроля.....	39
3 Технологические основы прессования макаронного теста.....	41
3.1 Движение теста в шнековой камере.....	41
3.2 Физические свойства уплотненного теста.....	48
3.3 Высокотемпературный режим формования макаронного теста.....	49
3.4 Вопросы для самоконтроля.....	51
4 Физико-химические процессы сушки, охлаждения и стабилизации макаронных изделий.....	52
4.1 Формы связи влаги в макаронном тесте.....	52

4.2 Особенности сушки макаронных изделий.....	53
4.3 Изменение структурно-механических свойств макаронных изделий при сушке.....	58
4.4 Высоко- и сверхвысокотемпературные режимы сушки.....	61
4.5 Вопросы для самоконтроля.....	65
5 Аппаратурные схемы автоматизированных поточных линий по производству длинных макаронных изделий с разными способами их сушки.....	66
5.1 Сушка длинных макаронных изделий подвесным способом.....	66
5.2 Сушка длинных макаронных изделий в цилиндрических кассетах.....	71
5.3 Вопросы для самоконтроля.....	76
6 Технологические расчеты.....	77
6.1 Подготовка муки.....	77
6.2 Составление и расчет производственной рецептуры макаронного теста.....	81
6.3 Расчет расхода сырья.....	88
6.3.1 Расход муки без добавок.....	94
6.3.2 Расход муки с добавками и добавок.....	96
6.4 Баланс сырья.....	98
7 Литература, рекомендуемая для изучения.....	111
8 Термины.....	113
Приложение А.....	116
Приложение Б.....	124
Приложение В.....	132
Приложение Г.....	135
Приложение Д.....	136
Приложение Е.....	149

## Введение

В учебном пособии рассмотрены физико-химические свойства основного сырья для производства макаронных изделий, коллоидные процессы тестообразования, технологические основы прессования, основы процессов сушки, охлаждения, стабилизации изделий и их роль в производстве макаронных изделий высокого качества.

Представлены аппаратурные схемы автоматизированных поточных линий по производству длинных изделий с разными способами сушки и краткое описание технологических процессов на этих линиях. Отмечены преимущества и недостатки сушки длинных макаронных изделий различными способами.

Приведены технологические расчеты по составлению рецептуры смешивания различных партий муки, производственной рецептуры макаронного теста, расхода сырья и наглядный пример составления баланса сырья, позволяющего выявить причины перерасхода или экономии сырья и наметить меры по их устранению.

Знание всех этих вопросов необходимо для эффективного управления технологическими процессами производства макаронных изделий с заранее заданными свойствами, применения отечественного и зарубежного опытов в области технологии производства, выполнения технологической части проектов по производству макаронных изделий.

Учебное пособие включает варианты контрольных заданий по разделам, словарь основных понятий, список литературы.

# 1 Физико-химические свойства основного сырья

## 1.1 Химический состав пшеничной муки

Лучшим сырьем для производства традиционных видов макаронных изделий являются высшие сорта продуктов помола зерна твердой пшеницы, называемые по-русски крупка, по-итальянски – сэмола, по-английски – семолина. Изделия из крупки твердой пшеницы имеют в сухом виде янтарно-желтый, золотистый цвет, высокую прочность и стекловидный излом; после варки оставляют прозрачную варочную воду, не теряют своей формы, не склеиваются между собой, имеют светло-желтый цвет, приятные аромат и вкус.

Однако, в связи с дефицитом твердой пшеницы, в частности, у нас в стране и в связи с ее высокой стоимостью, для расширения сырьевой базы, выработки более дешевых макаронных изделий используют более низкие сорта продуктов помола твердой пшеницы (полукрупка и 2-ой сорт), а также продукты помола высокостекловидной (крупка, полукрупка) и средней стекловидности мягкой пшеницы (высший и первый сорта муки).

При сортовом помоле зерна стремятся наиболее полно отделить от него оболочки и зародыш, а эндосперм зерна превратить в муку. Химический состав муки отличается от химического состава зерна более низким содержанием клетчатки, минеральных веществ, жира и белка при большем содержании углеводов.

Более высокие сорта муки получают из центральной части эндосперма, поэтому в их состав входит большее количество крахмала по сравнению с низкими сортами муки, и меньшее количество белковых веществ, сахаров, жиров, витаминов, ферментов и минеральных веществ, которые сосредоточены в основном в периферийных частях эндосперма.

*Крахмал.* Составляет около 4/5 сухого вещества муки. Поскольку в зерне пшеницы процентное содержание крахмала увеличивается от периферии к

центру, более высокие сорта пшеничной муки содержат несколько большую долю крахмала по сравнению с более низкими сортами.

Крахмал – высокомолекулярный полимер, состоящий из полисахаридов двух типов: амилозы и амилопектина. В молекуле амилозы отдельные остатки глюкозы связаны между собой в виде неразветвленной цепочки. Молекула амилопектина сильно разветвлена. Амилоза окрашивается раствором йода в синий цвет, амилопектин – в фиолетовый.

Амилоза легко растворяется в теплой воде и дает растворы со сравнительно невысокой вязкостью. Амилопектин растворяется в воде лишь при нагревании под давлением и дает очень вязкие растворы. Молекулярная масса амилозы от  $3 \cdot 10^5$  до  $1 \cdot 10^6$ , а у амилопектина достигает сотен миллионов. Растворы амилозы нестойки, а амилопектин дает стойкие растворы. На долю амилозы в пшеничном крахмале приходится в среднем 24 %, амилопектина – 76 %.

При кипячении с кислотами крахмал гидролизуются с образованием глюкозы.

В пшеничной муке крахмал находится в виде зерен овальной или сферической формы, размеры которых колеблются от 3 до 50 мкм.

При комнатных условиях зерна крахмала удерживают от 9 % до 10 % влаги. При смачивании холодной водой зерна крахмала частично набухают, сохраняя свою форму и не растворяясь. При нагревании водной суспензии пшеничного крахмала происходит увеличение объема крахмальных зерен. При температуре от 20 °С до 30 °С наблюдается увеличение крахмальных зерен до 50 % исходного объема; с повышением температуры до 60 °С происходит дальнейшее увеличение объема зерен, но с потерей кристалличности их структуры; при температуре 62,5 °С начинается клейстеризация пшеничного крахмала, сопровождающаяся поглощением значительного количества воды, разрывом полисахаридных цепочек и превращением крахмальных зерен в единую гелеобразную, студнеобразную массу-клейстер. При дальнейшем

нагревании клейстера крахмал поглощает пятикратное количество воды и более.

Таким образом, клейстеризация крахмала - это процесс его гидротермической деструкции, т.е. необратимого разрушения природной нативной структуры в процессе нагревания при избытке воды.

По-иному ведет себя крахмал при нагревании в условиях недостатка влаги: неувлажненный крахмал (влажность около 10 %) даже при нагревании до 90 °С практически не меняет своей структуры; увлажненные до 30 - 32 % зерна крахмала при нагревании до 70 °С сохраняют свою форму, и лишь около 20 % зерен теряют нативную кристаллическую структуру.

Таким образом, глубина термической деструкции крахмальных зерен увеличивается с повышением температуры, но снижается при уменьшении влажности.

*Белки.* Представляют собой высокомолекулярные вещества, первичная структура которых образована полипептидными цепочками, построенными из различных аминокислот и соединенными между собой пептидными связями.

При изучении растительных белков (протеинов) используют метод извлечения их фракций по растворимости, предложенный американским исследователем Осборном.

Белки, растворимые в воде и разбавленных растворах различных солей, называют альбуминами; белки, растворимые только в растворах различных солей – глобулинами; белки, растворимые в водных растворах спиртов 60 – 80 % - ных концентрациях – проламины; белки, растворимые в слабых растворах щелочей (0,2 %) – глютелинами.

Основные белки пшеничной муки – проламины (глиадин) и глютелины (глютенин). Именно эти фракции формируют при замесе теста клейковину.

В крупитчатой муке из твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы белки находятся в основном в прикрепленной форме в виде пленок толщиной от 1 до 2 мкм, обволакивающих и склеивающих зерна крахмала в отдельные крупинки.

В порошкообразной хлебопекарной муке белки находятся в промежуточной форме в виде частичек и комочков размерами от 2 до 3 мкм, отдельных или слабоприкрепленных к зернам крахмала.

*Жиры.* Основная часть жиров (липиды), содержащихся в зерне пшеницы, сосредоточены в зародыше, т.е. в той части, которую вместе с оболочками стремятся отделить от зерна при его размоле в муку. Содержание жиров в пшеничной муке не превышает 2 % и тем меньше, чем выше сорт муки.

Удаление зародыша при помоле зерна связано с прогорканием жиров при хранении, которое обусловлено окислением ненасыщенных жирных кислот кислородом воздуха. При этом кислород присоединяется по месту двойных связей кислот, образуя перекиси. В результате дальнейшего разложения образовавшихся перекисей жирных кислот образуются альдегиды, придающие муке и готовым макаронным изделиям неприятный вкус и запах. Процесс прогоркания жиров или содержащих жиры продуктов ускоряется присутствием небольших количеств влаги, повышенной температурой и светом. В отсутствие кислорода оно не идет; при хранении жира в вакууме он не будет подвергаться прогорканию.

Однако, с точки зрения макаронного производства, жиры в муке выполняют важную функцию: в них растворены каротиноидные пигменты (каротиноиды).

*Каротиноиды.* К этой группе относятся вещества, окрашенные в желтый или оранжевый цвет. В макаронном производстве наличие каротиноидов в муке обуславливает привлекательный янтарно-желтый цвет изделий. Относительно большое количество каротиноидов (до 0,5 мг/кг) находится в продуктах помола твердой пшеницы, меньше – в мягкой высокостекловидной, и почти нет их в хлебопекарной муке мягкой пшеницы. Именно поэтому продукты помола твердой и мягкой высокостекловидной пшеницы (крупка и полукрупка) являются основным мучным сырьем макаронного производства.

К основным каротиноидам пшеничной муки относятся ксантофилл, эфиры ксантофилла и каротин. В среднем на долю ксантофилла приходится

около 90 %, на долю его эфиров и каротина – по 5 % от общей доли каротиноидных пигментов, содержащихся в муке. Из всех каротиноидов муки пшеницы биологически активен только каротин как провитамин А, т.е. он синтезируется в этот витамин в организме человека. Учитывая ничтожное количество каротина в муке, можно сказать, что каротиноидные пигменты играют в макаронном производстве главным образом эстетическую роль, придавая изделиям приятный янтарно-желтый цвет.

Молекулы каротиноидных пигментов содержат большое количество непрочных двойных связей, что является одной из причин легкой их окисляемости и потери каротиноидами цвета. Обесцвечивание пигментов интенсивно происходит под воздействием света (с этим связано отбеливание муки при хранении на свету), а также в результате ферментативного процесса с участием фермента липоксигеназы в присутствии кислорода воздуха и влаги.

*Минеральные вещества (зола).* К минеральным веществам относят те вещества, которые после полного сжигания муки остаются в виде золы. В зерне пшеницы наиболее высокая зольность у оболочек и алейронового слоя, которые стремятся удалить в процессе помола, и самая низкая – в центральных частях эндосперма, поэтому величина зольности в первую очередь определяет сорт муки: чем меньше содержание золы в муке, тем выше ее сорт.

*Витамины и ферменты.* Сосредоточены в пшеничном зерне главным образом в зародыше и периферийных частях эндосперма, которые примыкают к оболочке. Поэтому в муке практически отсутствуют жирорастворимые витамины и очень мало водорастворимых.

Что касается ферментов, то, несмотря на небольшую долю их в муке, они играют важную роль в биохимических процессах, происходящих при хранении муки и в процессе производства макаронных изделий. Фермент липоксигеназа в присутствии кислорода воздуха и влаги катализирует окисление некоторых ненасыщенных высокомолекулярных жирных кислот с образованием гидроперекисей. Гидроперекиси имеют высокую окислительную способность и могут окислять далее новые порции ненасыщенных жирных кислот и

каротиноиды. Мука вследствие этого может обесцвечиваться при хранении во влажной среде, даже если она защищена от света.

В то же время, в процессе изготовления макаронных изделий каротиноиды не разрушаются, т.к. с первых минут замеса теста жиры муки, в которых находятся каротиноиды, образуют с белками связанные и прочносвязанные комплексы, которые надежно предохраняют каротиноидные пигменты не только от ферментативного разрушения, но и от разрушения под действием света: макаронные изделия из твердой пшеницы не теряют желтый оттенок при хранении на свету в прозрачной упаковке.

Таким образом, в процессе производства макаронных изделий обесцвечивание их не происходит, напротив – наблюдается процесс их потемнения. В результате этого нежелательного процесса макаронные изделия из твердой пшеницы приобретают коричневый оттенок, а изделия из мягкой пшеницы – серый. Оттенок связан с присутствием в муке фермента полифенолоксидазы, который окисляет в присутствии кислорода воздуха и влаги аминокислоту тирозин с образованием темноокрашенных соединений – меланинов.

## **1.2 Характеристика макаронных свойств муки**

Макаронные свойства муки, которые характеризуют возможность получения из нее макаронных изделий высокого качества, определяются четырьмя основными показателями: количеством клейковины, содержанием каротиноидных пигментов, содержанием темных вкраплений и крупнотой помола.

*Количество клейковины.* Клейковина в макаронном производстве выполняет две основные функции: является пластификатором, т.е. выполняет роль своеобразной смазки, придающей массе крахмальных зерен текучесть, и

связующим веществом, соединяющим крахмальные зерна в единую тестовую массу. Первое свойство позволяет формовать тесто, продавливая его через отверстия матрицы, второе – сохранять приданную тесту форму.

Ценность клейковины состоит в том, что сформированный при прессовании теста клейковинный каркас, который удерживает массу крахмальных зерен в выпрессовываемых сырых изделиях и упрочняется затем при сушке изделий, при опускании в кипящую воду, т.е. при варке изделий, не только не разжижается, а напротив – фиксируется, упрочняется в результате денатурации клейковины.

С технологической точки зрения, оптимальным является содержание сырой клейковины в муке порядка 28 %. При содержании клейковины от 28 % до 40 % изделия имеют примерно одинаковые показатели, характеризующие варочные свойства. С увеличением содержания клейковины в муке выше 40 % возрастает время варки, а готовые изделия имеют резинообразную текстуру. Муку с таким высоким содержанием клейковины получают искусственно добавляя сухую клейковину. При уменьшении содержания сырой клейковины в муке ниже 28 % увеличиваются потери сухих веществ и степень слипаемости сваренных изделий. Это объясняется снижением прочности сваренных изделий (они становятся кашеобразными) из-за ослабления структуры изделий: содержания клейковины не хватает для прочного соединения и удерживания клейстеризующихся зерен крахмала, которые, набухая, разрывают непрочную клейковинную решетку.

Содержание клейковины в исходной муке определяет белковую ценность макаронных изделий и обуславливает вкус и аромат сваренных изделий. Следует считать оптимальным использование муки для производства макаронных изделий с содержанием клейковины от 30 % до 32 % и более. Мука с содержанием клейковины от 28 % до 26 % менее желательна, но она вполне пригодна для производства макаронных изделий при соблюдении правильных технологических режимов.

Основные белковые фракции клейковины – глютенин и глиадин. Для макаронного производства наиболее ценной фракцией является глиадин: его наличие и свойства определяют текучесть и связанность теста. Глютенин обуславливает необходимую упругость и эластичность сырых макаронных изделий. Кроме того, 80 % липидов муки образуют связанные и прочносвязанные комплексы, которые предохраняют каротиноиды от окисления, именно с глютеиновой фракцией белка. Связующая способность клейковины хлебопекарной муки меньше, чем связующая способность клейковины макаронной муки (из-за меньшей доли глиадиновой фракции белка).

При температуре от 20 °С до 30 °С клейковина удерживает максимальное количество воды – примерно двукратное. С увеличением температуры воды до 60 °С и более клейковина поглощает примерно в два раза меньшее количество воды. При замесе макаронного теста воды добавляют примерно 1/3 от массы муки, а это лишь половина того количества воды, которое может связать и удержать клейковина.

При увеличении температуры происходит снижение связующих свойств клейковины в результате денатурации. Но этот процесс замедляется при снижении влажности клейковины. При влажности клейковины, характерной для макаронного теста (100 % массы клейковины), величина снижения ее связующих свойств при температуре 70 °С составляет примерно половину от снижения связующих свойств полностью гидратированной клейковины (влажность 200 %). Полная потеря связующих свойств в первом случае у клейковины наступает при 90 °С, во втором случае – при 75 °С. Обычно клейковину муки оценивают не только с количественной, но и с качественной стороны, определяя степень ее растяжимости, упругости и эластичности. Однако эти свойства клейковины отражают свойства глютеиновой фракции, имеющей второстепенное значение в формировании структуры макаронных изделий. В процессе прессования теста на шнековых прессах происходит довольно глубокое изменение физических свойств клейковины: она теряет

эластичность, упругость, становится короткорвущейся, губчатой. Поэтому показатели качества клейковины, отмытой из муки, не отражают ее макаронных свойств.

*Содержание каротиноидных пигментов.* Для производства макаронных изделий лучше всего применять муку с высоким содержанием каротиноидов, т.к. они придают макаронным изделиям приятный янтарно-желтый цвет. В промышленности также используется мука белого и кремового цвета, но изделия из нее будут менее привлекательны и цена изделий ниже.

*Содержание темных вкраплений.* Иногда на поверхности макаронных изделий заметны темные точки, которые ухудшают внешний вид изделия. Наличие таких точек объясняется присутствием в муке частичек оболочек, алейронового слоя, зародыша пшеничного зерна. Наличие значительного количества периферийных частиц свидетельствует о повышенном содержании аминокислот и ферментов, в частности тирозина и полифенолоксидазы, которые участвуют в нежелательном процессе потемнения макаронных изделий во время сушки.

*Крупнота помола (гранулометрический состав, размер частиц муки).* Размер частиц муки в пределах от 150 до 400 мкм не оказывает заметного влияния на качество сухих и сваренных макаронных изделий. Крупные частицы крупки от 400 до 500 мкм не успевают полностью пропитаться влагой во время замеса и сохраняют свою индивидуальность при прессовании. На поверхности сухих изделий эти частицы видны в виде светлых точек. Это нарушает однородность цвета изделий, ухудшает их товарный вид. Размер частиц влияет на изменение пластичности и прочности сырых макаронных изделий. Оптимальное соотношение этих показателей имеет место при размерах частиц от 200 до 350 мкм. Крупка с такими размерами частиц наиболее благоприятна для производства макаронных изделий. Порошкообразная мука с размером частиц менее 150 мкм образует много пыли при транспортировании, а также своды при разгрузке бункеров, в которых она хранится.

### **1.3 Требования к качеству воды, идущей на замес макаронного теста**

На макаронных предприятиях воду используют для замеса макаронного теста, мойки матриц, обогрева или охлаждения прессующих устройств-цилиндров прессов, обогрева водяных калориферов сушилок, а также на санитарно-бытовые нужды.

Для замеса теста используют питьевую воду, удовлетворяющую требованиям ГОСТ Р 51232-98, СанПиН 2.1.4.1074-01. Она должна быть прозрачной, бесцветной, без посторонних привкусов и запахов, не содержать органических примесей и взвешенных частиц.

Вода характеризуется общей жесткостью. Величина этого показателя зависит от содержания в воде солей кальция и магния и выражается в миллиграмм-эквивалентах на 1 л (мг·экв). Один мг·экв. жесткости соответствует содержанию 20,04 мг Са или 21,16 мг Mg в 1 л воды.

По степени жесткости (мг·экв) воду подразделяют на очень мягкую - менее 1,5; мягкую от 1,5 до 3,0; умеренно жесткую - от 3,0 до 6,0; жесткую от 6,0 до 9,0; очень жесткую - более 9,0.

Жесткость воды не оказывает заметного влияния ни на ход технологического процесса, ни на качество макаронных изделий, поэтому для замеса теста можно использовать воду любой степени жесткости. Вода, поступающая на обогрев водяных калориферов, должна быть по возможности более мягкой, чтобы не образовалась накипь, которая снижает теплопроводность труб и может постепенно закупорить их.

Для замеса макаронного теста применяют обычно воду температурой от 40 °С до 60 °С, которую получают смешиванием холодной водопроводной и горячей воды в нужном соотношении. Горячая вода может поступать централизованно (из городского водопровода), либо ее получают на предприятии, нагревая холодную воду в теплообменном аппарате – бойлере.

## 1.4 Вопросы для самоконтроля

1 В какой муке больше содержится незэндоспермных частиц (оболочки, алейроновый слой), влияющих на изменение цвета макаронных изделий в процессе сушки?

2 Какой степени жесткости следует использовать воду для замеса теста при производстве макаронных изделий?

3 Какие питательные вещества муки обуславливают прогоркание муки и макаронных изделий?

4 Какие белки входят в состав клейковины?

5 Какие вещества, содержащиеся в муке, обуславливают янтарно-желтый цвет макаронных изделий?

6 Какие витамины являются термостойкими и растворимыми в воде (в тех дозах, которые используют при замесе макаронного теста)?

7 Каковы отличительные свойства макаронной муки?

8 Основные белковые фракции клейковины:

а) глиадин;

б) глютенин.

Какая белковая фракция обуславливает текучесть и связанность макаронного теста?

## **2 Физико-химические и коллоидные процессы тестообразования**

Приготовление макаронного теста осуществляется в два этапа. На первом этапе производится смешивание муки, воды и добавок (если они предусмотрены рецептурой) в тестосмесителях, входящих в состав пресса в качестве его неотъемлемой конструктивной части.

Тестосмеситель снабжен мучным и жидкостным дозаторами. Дозаторы должны точно дозировать муку и особенно воду, так как незначительное отклонение дозировки воды в любую сторону существенно изменяет свойства теста.

При изготовлении макаронных изделий с добавками их подают в корыто тестосмесителя через дозатор воды после предварительного растворения в воде или приготовления водной эмульсии. Для этих целей на фабриках обычно используют установку для подготовки добавок Бб-ЛОА.

В процессе замеса теста происходит постепенное набухание крахмальных зерен и белковых веществ муки, а также равномерное распределение влаги по всей массе теста.

В первые минуты соприкосновения муки и воды основная масса воды поглощается крахмалом. При дальнейшем перемешивании идет постепенное «оттягивание» части влаги белковыми веществами муки, которые связывают ее не только адсорбционно, но и осмотически. Именно осмотическое связывание воды приводит к набуханию белков. Однако, в связи с дефицитом влаги, полного формирования клейковины частично увлажненными белками не происходит. Поэтому макаронное тесто даже после длительного смешивания ингредиентов представляет собой сыпучую массу отдельных комков и крошек. Клеящие, связующие свойства частично сформированной при замесе теста клейковины проявляются лишь при дальнейшей обработке теста – при его уплотнении в шнековой камере прессы.

При замесе теста из крупитчатой муки требуется более продолжительное вымешивание, чем при замесе теста из порошкообразной муки, поскольку проникновение влаги внутрь плотных крупинок происходит значительно медленнее, чем внутрь мелких частиц. Поэтому продолжительность замеса при изготовлении изделий из крупки должна быть около 20 мин. Такая продолжительность обеспечивается в многокорытных тестосмесителях (прессы серии ЛПШ, «Брайбанти», «Паван», «Бюлер»). В однокорытных прессах ЛПЛ-2М продолжительность замеса составляет от 8 до 9 мин, поэтому влага не успевает равномерно распределиться по всей массе теста, приготовленного из крупки, и изделия имеют на поверхности следы непромеса – неувлажненные крупинки светлого цвета, ухудшающие внешний вид продукта. Поэтому при работе на однокорытных прессах целесообразнее использовать полукрупку или хлебопекарную муку.

Возможные дефекты макаронного теста связаны главным образом с недостаточной, либо чрезмерной влажностью теста: в первом случае тесто имеет крошковатую структуру с множеством неувлажненных крупинок, во втором – крупнокомковатую структуру, вследствие чего плохо проходит в выходное отверстие тестосмесителя, налипает на его вал.

Второй этап осуществляется в канале шнековой камеры пресса, где крошкообразная масса теста под воздействием шнековой лопасти постепенно уплотняется и пластифицируется, приобретая структуру и свойства, необходимые для последующего формования. В шнековой камере происходит заключительная стадия формирования структуры макаронного теста, резко отличающейся от структуры хлебного теста.

В хлебном тесте отчетливо видна развитая кружевная сетка, образованная тончайшими клейковинными нитями и пленками, обволакивающими и связывающими крахмальные зерна. В макаронном тесте таких «кружев» не наблюдается. Сами клейковинные нити грубы, малоразвиты и недостаточно распространены по массе теста.

## 2.1 О клейковине макаронного теста

Клейковина является одним из главных структурообразующих компонентов макаронного теста, определяя его основные технологические свойства – пластичность, текучесть и вязкость. Оптимальное соотношение вязкопластичных свойств уплотненного теста и сырых макаронных изделий достигается при содержании сырой клейковины на уровне 28 %: снижение содержания клейковины ведет к уменьшению, как пластичности, так и вязкости (прочности) теста, увеличение – к повышению пластичности и снижению вязкости теста. Увеличение содержания клейковины до 40 % снижает прочность сырых изделий, но заметно не сказывается на качестве макаронных изделий. При этом уменьшается расход энергии на прессование более пластичного теста, повышается пищевая ценность изделий и вкусовые свойства готовых изделий. Следовательно, всегда желательно иметь муку с большим содержанием клейковины.

Нативная клейковина, отмытая из муки нормального качества, обладает упруго-эластичными свойствами. При нагнетании уплотненного макаронного теста к матрице происходит интенсивное трение теста о лопасти шнека, постоянное смещение и внутреннее трение его слоев друг о друга, что приводит к разрыву белковых молекул и потере упруго-эластичных свойств клейковины. В результате механической деструкции происходит снижение глиадиновой фракции на 20 % (глиадин определяет клеящие свойства клейковины) и снижение глютелиновой фракции до 50 % (глютенин определяет упруго-эластичные свойства клейковины).

Из этого следует, что качество клейковины и теста в исходной муке, определяемые методами принятыми в хлебопечении, не совпадают с качеством клейковины и теста, прошедшего механическую обработку в процессе его уплотнения и формования.

Упруго-эластичные свойства клейковины и теста определяются формированием в тесте при замесе внутренних межмолекулярных связей, выполняющих роль своеобразных пружин. Среди этих связей особое значение имеют дисульфидные группы –S-S- , которые образуются при окислении сульфгидрильных групп – SH, содержащихся в аминокислоте цистеине. В хлебном тесте, для придания ему упругости и эластичности, стремятся интенсифицировать процесс образования дисульфидных групп с помощью аэрации теста или добавлением улучшителей окислительного действия. Однако, по мнению Медведева Г.М., дисульфидные группы не выполняют значительных функций в макаронном тесте и выпрессовываемых сырых изделиях, т.к. не влияют на связующие свойства клейковины. В пользу этого говорит тот факт, что для производства макаронных изделий хорошего качества на современных макаронных фабриках замес теста производится под вакуумом. Естественно, при этом отсутствуют окисление сульфгидрильных групп и образование дисульфидных связей, что не сказывается на физических свойствах сырых изделий.

При использовании муки с дефектной клейковиной можно получить некоторое упрочнение структуры клейковины и теста путем добавления улучшителей окислительного действия, например L-аскорбиновой кислоты. Рекомендуется добавлять 200 мг L-аскорбиновой кислоты на 1 кг муки.

## **2.2 Влажность макаронного теста**

Макаронное тесто, в отличие от хлебного и других видов теста, имеет минимальную влажность от 28 % до 32,5 %. Абсолютная влажность (в расчете на сухое вещество) едва достигает 43 %. В макаронном тесте водопоглотительная способность муки используется примерно наполовину.

Коллоидные компоненты муки способны связать воду примерно в два раза больше, чем содержится ее в сырых макаронных изделиях.

На формирование клейковины и связывание ее в тончайшие нити и пленки большое влияние оказывает количество добавленной при замесе воды.

Недостаточное количество воды затрудняет образование и связывание клейковинных нитей и пленок, вследствие чего тесто даже при продолжительном вымешивании остается в виде рассыпчатой массы мелких крошек, а не формируется в сплошную связную массу. С увеличением количества добавляемой при замесе воды клейковина становится все более податливой и липкой; достаточно увлажненные нити и пленки клейковины склеиваются и слипаются, благодаря чему вымешивание теста облегчается, а формирование в более крупные комья ускоряется и тесто становится все более мягким и пластичным. Это приводит к снижению давления прессования и к увеличению скорости выпрессовывания, т.е. к повышению производительности прессы. Для шнековых прессов скорость выпрессовывания сырых изделий увеличивается с повышением влажности теста до 32 %, т.к. при более высокой влажности образуются комки теста, которые не проходят сквозь входное отверстие шнековой камеры. Плохое питание тестом шнековой камеры ведет к резкому падению давления прессования и, как следствие к снижению скорости выпрессовывания.

Однако, одного показателя влажности недостаточно для того, чтобы судить о консистенции и других свойствах макаронного теста. На них большое воздействие оказывают температура теста, качество мучного продукта, содержание в нем клейковины и ее качество.

При соблюдении одинаковой влажности и температуры можно получить тесто, в зависимости от свойств муки, различной консистенции, меняющейся также в процессе дальнейшей обработки. Чем мельче зерна крахмала муки, тем больше удельная их поверхность и тем больше воды будет ими адсорбционно связано при образовании теста. Поврежденные зерна крахмала способны впитывать и адсорбционно связывать значительно больше воды, чем не

поврежденные. У твердой крупки водопоглотительная способность на 1,5 – 2 % ниже, чем у муки тонкого размола из твердой пшеницы той же партии.

Изменяется консистенция теста и в зависимости от количества и качества клейковины в мучных продуктах. Мука, содержащая достаточное количество хорошей клейковины, поглощает при одинаковой консистенции теста большее количество воды, чем мука с низким содержанием белковых веществ и пониженным их качеством.

В связи с этим количество воды, необходимой для приготовления теста, обладающего оптимальными свойствами, первоначально определяется по балансу сухих веществ с учетом влажности сырья и заданной влажности теста, а затем корректируется на основании пробных лабораторных или производственных замесов и прессований. Только с помощью пробных замесов можно установить для каждой новой партии муки точное и правильное количество воды, добавляемое для замеса. Следует учитывать, что оптимальная влажность теста для различных видов изделий неодинакова. Она может меняться также в зависимости от способа формовки и сушки изделий.

### **2.3 Температура макаронного теста**

Температура оказывает влияние на структурно-механические и реологические свойства теста, которые определяют ход и результат прессования сырых изделий.

Температура теста к моменту окончания вымешивания в смесителе зависит от: температуры муки, воды; соотношения муки и воды в тесте; влажности муки; продолжительности и интенсивности обработки теста в смесителе; температуры окружающего воздуха.

Из этих составляющих, наибольшее значение имеют температура муки и воды, а также количественное соотношение этих компонентов теста. Некоторое

влияние на температуру теста оказывает также теплота гидратации (смачивания) муки и переход в тепло механической энергии, затрачиваемой валом тестосмесителя и шнеком на приготовление теста. Кроме того, шнековая камера может иметь греющие или охлаждающие устройства, которые вносят свои коррективы к температуре теста. Но их влияние на конечную температуру теста невелико.

В зависимости от температуры воды, добавляемой при замесе, различают три типа замеса: холодный – при температуре воды ниже 30 °С; теплый – при температуре воды от 50 °С до 65 °С; горячий – при температуре воды от 75 °С до 85 °С.

*Холодный замес* применяют при необходимости получения более крепкого теста из муки с малым содержанием или низким качеством клейковины. Холодный замес используется также в случаях формовки изделий сложной формы, когда требуется очень вязкое и упругое тесто. Наконец, холодный замес применяется при изготовлении макаронных изделий, предназначенных для длительного хранения, так как при нем не происходит видоизменений клейковины и крахмала, ускоряющих порчу продукта.

*Горячий замес* имеет тот недостаток, что некоторая часть муки, приходящая в первые моменты замеса в непосредственное соприкосновение с подаваемой в тестосмеситель горячей водой, заваривается. В этой части, где температура успевает подняться от 70 °С до 80 °С, белковые вещества свертываются и частично клейстеризуются крахмальные зерна. Пластические свойства заваренной части клейковины ухудшаются. Вследствие частичной клейстеризации крахмальные зерна не образуют однородного клейстера и не проявляют заметных связующих свойств. Частично клейстеризовавшиеся зерна крахмала растрескиваются и распадаются при сушке, что также уменьшает прочность готовых изделий.

Горячий замес может применяться лишь для крупки или муки из твердых пшениц с избыточным содержанием клейковины, когда необходимо получить более пластичное, податливое в обработке тесто за счет понижения его вязкости. Происходящее при этом некоторое снижение прочности готовых изделий не представляет опасности благодаря избытку клейковины высокого

качества. Не следует применять горячий замес для муки из мягкой пшеницы с малым содержанием клейковины, так как при этом получается более слабое тесто, дающее много обрывков при прессовании и иногда готовые изделия с беловатым, нестекловидным изломом.

Замес на горячей воде не следует применять в тех случаях, когда товар предназначается для длительного хранения, так как подвергшиеся действию горячей воды и свернувшиеся белковые вещества скорее портятся при хранении.

*Теплый замес*, свободный от недостатков горячего и холодного замесов и вместе с тем дающий достаточно пластичное тесто, пользуется наибольшим распространением в практике макаронного производства.

При замесе на теплой воде интенсивнее происходит увлажнение частиц муки, образование клейковинных нитей и пленок и связывание их между собой; благодаря этому тесто быстрее формируется в комья и легче вымешивается. Мягкость и пластичность теста, замешенного на теплой воде, облегчают и ускоряют формовку изделий, которые получают обычно более гладкими, лощеными и стекловидными, а также имеют более желтый цвет, чем изделия из холодного теста.

На практике наиболее часто используют теплый замес. Однако, в каждом отдельном случае вопрос о выборе типа замеса следует решать по тому, какой величины достигает температура теста к концу его механической обработки, т.е. после прессования.

При традиционных режимах замеса и формования теста, температура его перед матрицей не должна превышать 50 – 55 °С. Следовательно, температура теста после замеса должна соответствовать 35 – 40 °С, исходя из того, что при прессовании в шнековой камере происходит разогрев теста в среднем на 10 °С.

По температуре теста (после замеса) и измеренной температуре муки определяют температуру воды для замеса (см. раздел 6.2).

Чтобы посредством теплого замеса получить теплое тесто температурой (не менее 35 – 40 °С), необходимо использовать муку температурой не ниже комнатной, т.е. от 16 °С до 20 °С.

При использовании холодной муки, нужно менять температуру воды или использовать предварительный прогрев муки.

## **2.4 Продолжительность и интенсивность замеса теста**

Назначение стадии замеса теста – получение крошковатой, мелкокомковатой сыпучей массы, равномерно увлажненной по всему объему. Все частицы муки должны полностью пропитаться влагой (пластифицироваться), чтобы в дальнейшем получить изделия однотонного цвета, без белых частиц непромеса.

Продолжительность замеса теста определяется двумя факторами: достижением равномерного распределения воды по всей массе теста и скоростью проникновения влаги внутрь частиц.

Вода в тестосмеситель должна подаваться в диспергированном, распыленном виде, в виде множества мелких струек для быстрого и более равномерного распределения по всей тестовой массе.

Другой эффективный способ ускорения равномерного распределения влаги в макаронном тесте – интенсификация смешивания муки и воды. Для этого в многокорытных прессах тестосмесильный вал первого корыта вращается с большей частотой, чем валы последующих корыт. В современных прессах фирмы «Паван» муку и влагу предварительно смешивают в центробежном мукоувлажнителе «Турбоспрей», где частицы муки и воды в заданном соотношении быстро и равномерно увлажняются и поступают в корыто тестосмесителя.

Интенсивность пропитывания частиц муки влагой определяется в первую очередь размерами частиц муки. Крупные частицы требуют более длительного вымешивания. Установлено, что для образования одинакового по консистенции теста из крупки, с размером частиц от 315 до 630 мкм, требуется 49,5 % воды при замесе в течение 12 минут, а при использовании крупки с размером частиц

от 125 до 315 мкм (из того же зерна твердой пшеницы) – 56,8 % воды при меньшей продолжительности замеса.

Для производства макаронных изделий с однотонным цветом без следов непромесов при наличии крупки с размером частиц от 200 до 350 мкм и тем более до 500 мкм необходимо использовать многокорытные прессы, продолжительность замеса в которых составляет от 16 до 20 минут. При работе на прессах с продолжительностью замеса от 8 до 10 минут целесообразно использовать муку с размерами частиц не более 200 - 250 мкм (полукрупку или хлебопекарную муку).

На рисунке 2.1 приведена зависимость прочности и пластичности выпрессовываемых изделий от продолжительности замеса теста. Тесто замешивали при частоте вращения рабочего вала тестосмесительного корыта  $115 \text{ минут}^{-1}$  при разных значениях влажности теста.

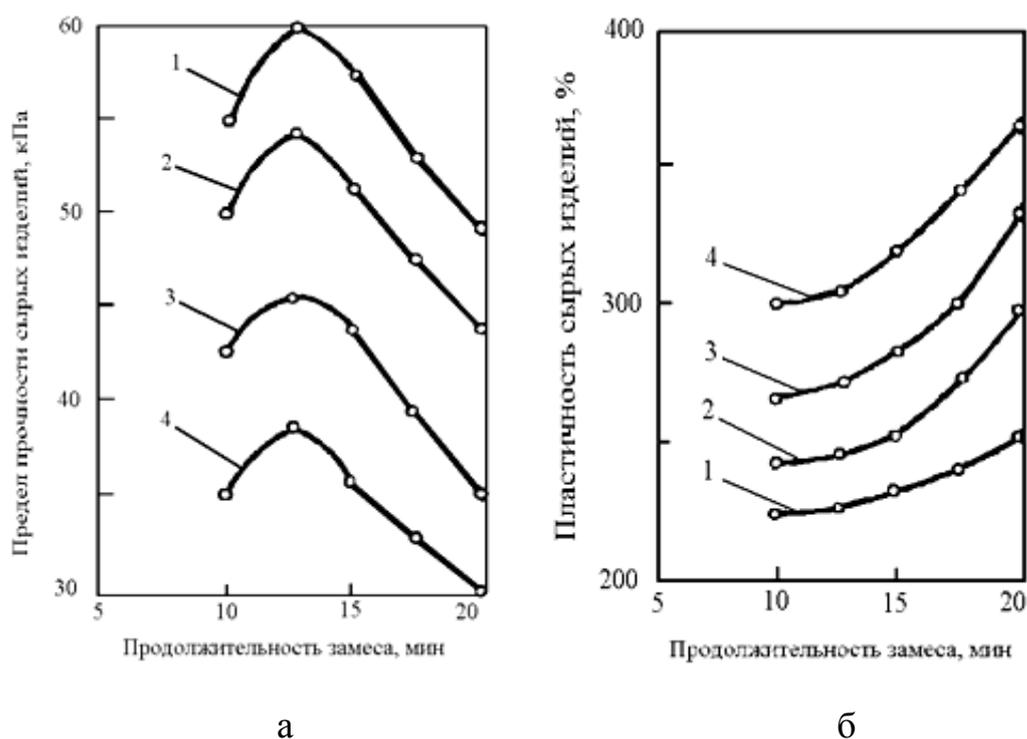


Рисунок 2.1 – Зависимость предела прочности (а) и пластичности (б) сырых макаронных изделий от продолжительности замеса теста влажностью: 1 – 30 %; 2 – 30,5 %; 3 – 31 %; 4 – 31,5 %

Прочность сырых изделий возрастает с увеличением продолжительности замеса, достигает своего максимального значения, а затем начинает снижаться. Пластичность изделий при этом все время увеличивается. Подобная зависимость сохраняется для любого значения влажности теста. Однако при меньших значениях влажности прочностные свойства сырых изделий выше. Зависимость пластических свойств изделий от влажности иная: чем ниже влажность, тем менее пластичны изделия, и наоборот, - с увеличением влажности пластичность возрастает.

Из-за непродолжительного замеса макаронного теста и относительно низкой доли влаги в нем биохимические процессы на этой стадии находятся в начальном состоянии и не оказывают практического влияния на свойства теста и отформованных сырых изделий. Основная фаза биохимических процессов протекает во время сушки изделий при использовании низкотемпературных режимов сушки.

В то же время, в тесте, налипшем на вал и стенки тестосмесительного корыта, которое долгое время остается без движения, могут протекать значительные по глубине микробиологические процессы, что может привести к закисанию теста. Поэтому необходимо периодически через 1-2 ч работы пресса, счищать тесто, налипшее на вал, лопатки и стенки корыта.

## **2.5 Значение крупности частиц муки в процессе тестообразования**

Консистенция эндосперма зерна пшеницы и размеры частичек муки имеют большое значение в производстве макаронных изделий, влияя на структуру и свойства теста.

Выше указано, что эндосперм у твердой пшеницы плотный, стекловидный, а у мягкой – рыхлый, полустекловидный; имеются мягкие пшеницы как полностью стекловидные, так и полностью мучнистые.

Мучнистый эндосперм не может дать мучные продукты с высокими макаронными свойствами. При размолке мягких пшениц повреждается и разрушается большая часть клеток, из которых легко высвобождаются слабо связанные между собой крахмальные зерна. В тесте из такой муки, в результате механического воздействия при нагнетании шнеком, происходит дальнейшее разрушение клеток, сопровождающееся полной пластификацией частиц. С некоторой долей условности макаронное тесто из продуктов помола мягких пшениц можно отнести к двухфазной дисперсной системе. Жидкой дисперсионной средой здесь является клейковина, а в качестве основного и стабильного твердого элемента выступают адсорбционно увлажненные зерна крахмала. Небольшое количество клетчатки и цельных мелких неразрушенных кусочков эндосперма не меняет общей картины тестообразования. В пластифицированной тягучей и эластичной массе клейковины равномерно распределяются крахмальные зерна. Воздушные включения в тесте являются временным структурным элементом, поскольку при нагнетании теста, особенно в условиях вакуума, воздух практически полностью из теста удаляется. Подвергаясь различным формоизменениям под давлением, двухфазная дисперсная система, какой является тесто из муки мягкой пшеницы, находится в момент нагнетания и прессования в непрерывном движении, при котором происходит взаимное смещение относительно друг друга элементарных слоев и частиц. Вероятно, толщина этих слоев приближается к поперечным размерам крахмальных зерен, хотя последние под влиянием механических воздействий и высокого давления частично могут разрушаться, уменьшая свои размеры. Размеры крахмальных зерен колеблются в интервале от 30 до 40 мкм (от 0,03 до 0,04 мм). Такова примерно толщина элементарных слоев теста, которая оказывается в 30 – 50 раз меньше ширины формирующей щели матрицы (от 1 до 1,5 мм). Следовательно, в формирующем канале матрицы размещаются десятки элементарных слоев теста, скользящих один по- другому, то есть наблюдается вязкое течение теста. Такой характер движения теста является одной из причин появления грубой шероховатости на поверхности изделий.

Из эндосперма твердой пшеницы получают крупку, при этом свободные крахмальные зерна в продукты помола почти не поступают, поскольку они очень прочно связаны и склеены между собой и со всей массой клетки эндосперма, к тому же мелкие фракции крупки вместе с отдельными крахмальными зернами отсеиваются. Все это существенным образом отражается на структуре и свойствах макаронного теста из крупки твердой пшеницы. Смачивание водой сопровождается в данном случае не отдельным набуханием белков и крахмальных зерен, а набуханием мучных крупок в целом. При энергичном механическом воздействии на тесто периферийные слои крупок, набухшие водой, вначале пластифицируются, а затем отрываются от основной массы сравнительно крупных частиц твердой крупки и переходят в состояние обычного мягкого теста. При дальнейшем продолжении механического воздействия на тесто все новые и новые периферийные пластифицированные слои отделяются от крупок, а их упруго-вязкая сердцевина, постепенно увлажняясь и набухая, приобретает пластичность, но не теряет своей индивидуальности. Диаметр этих крупинок достигает от 0,3 до 0,5 мм, против 0,03 – 0,04 мм крупных зерен крахмала, играющих роль «жесткого» элемента структуры в макаронном тесте из муки мягкой пшеничной муки. Таким образом, тесто из мучных крупок твердых пшениц состоит из трех фаз, причем две из них составляют дисперсионную фазу: пластифицированную клейковину и равномерно распределенные в ней крахмальные зерна, оторвавшиеся от мучных крупок. В этой жидкой фазе более или менее равномерно диспергирована третья фаза: увлажненные остатки мучных крупок.

Крупки из высокостекловидного эндосперма мягкой пшеницы менее устойчивы в отношении механических усилий: при более влажном, теплом тесте и интенсивной обработке они полностью пластифицируются, «размазываются» в обычное тесто.

Размеры крупок в тесте из твердой крупки лишь в 3 – 4 раза меньше ширины формирующих щелей матриц, что меняет характер движения теста по формирующим каналам. Слои теста при продавливании через отверстия матрицы

постепенно приобретают толщину близкую к размерам самих крупинок. Сгруппировавшиеся, под действием касательных напряжений, твердые крупки равномерно заполняют жидкую фазу слоя, подобно арматуре, в введенной в вязкую среду сырого бетона. Проходя через отверстия матрицы, упругие крупки выравнивают весь тестовый поток и препятствуют его расслоению на многочисленные тонкие, взаимно смещающиеся слои. Выравнивание потока приближает течение теста к скольжению твердого тела, при котором явление адгезии проявляется слабо. Изделия приобретают хорошую гладкую или слегка матовую поверхность.

Такое течение теста позволяет снизить, а иногда полностью устранить шероховатость изделий даже при увеличении скорости прессования. Однако необходимо иметь в виду: чрезмерно большая крупность крупок может испортить внешний вид изделий (на изделиях образуются бугорки, утолщения); при прессовании изделий из твердых крупок размером поперечного сечения (более 1,5 мм) выравнивания скоростей тестового потока не наблюдается. Скорости распределяются по параболическому закону, т.е. по закону обычного вязкого течения с пристенным прилипанием элементарного слоя. Изделия будут иметь шероховатую поверхность.

## **2.6 Коллоидные процессы тестообразования**

Тесто из пшеничной муки представляет собой сложную динамическую (быстро изменяющуюся) смесь воды, крахмала, белков, энзимов и ряда других органических и неорганических веществ. Макаaronное тесто является наиболее простым из всех видов пшеничного теста. По рецептуре оно чаще всего состоит из двух компонентов: муки и воды. Лишь для некоторых сортов применяются белковые или иные добавки. Это тесто относится к наиболее простым и по способу приготовления. Оно не подвергается, например, брожению или другим

способам ферментации. Вместе с тем макаронное тесто обладает только ему присущими физико-механическими свойствами, обусловленными в основном тем, что это тесто является самым «сухим» и крутым. Его влажность находится в пределах от 28 % до 32,5 %. В макаронном тесте водопоглотительная способность муки используется наполовину. Именно столь незначительная влажность, дополняемая весьма высокими гидрофильными свойствами макаронной муки, одним из проявлений которых является ее способность связывать воду, обуславливает специфичность его свойств. С увеличением сухого вещества в тесте возрастает его сопротивляемость механическим воздействиям и, наоборот, при снижении сухих веществ для его обработки требуется меньше энергии.

Белок и крахмал пшеничной муки обладают различной водопоглотительной способностью. Взаимодействие воды с подобными коллоидами протекает в две фазы. Вначале происходит адсорбционное образование тончайших водяных пленок на поверхностях мучных частичек. Количество воды, связываемой этим путем, невелико; процесс смачивания или гидратации, сопровождается выделением тепла (теплоты гидратации).

Вторая фаза – впитывание воды внутрь частичек муки – вызывается наличием внутри белковых и крахмальных частичек растворимых фракций веществ (водорастворимые белки, декстрины, сахара и другие), обуславливающих возникновение осмотического давления. Подобный вид проникновения влаги называется осмотическим.

При температурных условиях получения макаронного теста его крахмальная часть характеризуется слабой способностью набухания. Крахмальные зерна удерживают влагу в основном своей поверхностью. Осмотическое набухание их начинается при температуре 55 °С и выше, которой в нормальных условиях в макаронном тесте не наблюдается. Клейковина достигает максимума набухания в интервале температур от 20 °С до 30 °С, а при более высокой температуре ее набухаемость снижается. Таким образом, набухание муки при различных температурах является результатом

особенностей набухания крахмала и клейковины при этих температурах. Набухание муки при низкой температуре, которая имеет место при приготовлении макаронного теста, в основном обуславливается гидратацией клейковины.

Таким образом, во влажных высокополимерах, одна часть воды связана с веществом (белок, крахмал) термодинамически, а другая заполняет микропоры этого вещества. Клейковина муки мягкой пшеницы набухает быстро, но поглощает меньше воды, а клейковина муки из сильной пшеницы, наоборот, набухает медленно, но поглощает больше воды.

Это объясняется тем, что в высокополимерах сильной и твердой пшеницы имеется больше микропор (микроплотностей), которые имеют значение микрорезервуаров для воды, не связанной с ними термодинамически.

## **2.7 Ферментативные процессы тестообразования**

Макаронное тесто не подвергается ферментации, например, спиртовому или молочнокислому брожению. Однако это не означает, что оно остается пассивным в биохимическом отношении. С первого же момента соприкосновения муки и воды и почти до окончания всего цикла производства, протекают ферментативные процессы, с той лишь разницей, что одни ферменты более, а другие менее активны. Протеолитические ферменты, например, в условиях макаронного теста проявляют очень слабую активность: накопление продуктов гидролитического расщепления белков не наблюдается. Лишь только в результате затянувшегося процесса сушки, при относительно высокой температуре и влажности воздуха, наблюдается постепенное размягчение изделий, приводящее иногда к их слипанию. Подобное ослабление сырых изделий является следствием ухудшения физико-химических свойств клейковины под воздействием протеолиза ее белков.

Углеводно-амилазный комплекс макаронной муки характеризуется слабой атакуемостью крахмала, поэтому процессы, вызываемые амилалитическими ферментами, существенной роли в макаронном производстве не играют.

Исключительно большую, к тому же отрицательную роль при производстве макаронных изделий, играют так называемые окислительные ферменты – оксидазы.

Среди оксидаз, имеющих отношение к макаронному производству, следует назвать фермент полифенолоксидаза или тирозиназа, окисляющий аминокислоту тирозин с образованием темноокрашенных соединений, называемых меланинами.

Активная тирозиназа встречается в любой пшеничной муке, особенно много ее в муке из пшениц, возделываемых в районах с влажным климатом. У макаронных изделий, полученных из такой муки, наблюдается иногда очень интенсивное потемнение, особенно в процессе сушки. Иногда, по показателю цветности, изделия из муки высшего сорта уступают изделиям из муки I сорта.

Способность муки к потемнению обусловлена содержанием в муке свободного тирозина. Более подвержены потемнению полуфабрикаты из мучных продуктов, полученных из проросшего или морозобойного зерна. Именно в этом дефектном зерне весьма повышено содержание свободного тирозина. В этом отношении мука из мягкой пшеницы уступает муке из твердой пшеницы.

Другая группа оксидаз – липоксигеназы – в присутствии кислорода окисляют непредельные жирные кислоты. Присоединение кислорода идет по местам двойных связей, в результате чего образуются перекиси и гидроперекиси. В свою очередь те и другие разрушают жирорастворимые пигментные вещества муки – каротиноиды, придающие макаронным изделиям высоко ценимый потребителями кремовато-желтый цвет.

## 2.8 Вакуумирование теста

При формировании теста, прошедшего вакуумную обработку, т.е. из которого удалены пузырьки воздуха, повышается прочность сырых изделий в среднем на 40 % и прочность сухих изделий в среднем на 20 %.

В прессах первых конструкций, вакуумирование теста осуществлялось в шнековой камере. Такая система неэффективна, из-за скоротечности прохождения тестом вакуумного канала и трудности отсоса воздуха из уплотненной массы теста.

В настоящее время вакуумирование теста осуществляется в тестосмесителях прессов. Такой способ отсоса воздуха эффективен и захватывает весь объем теста.

Применение вакуумирования теста с последующим формированием его через матрицы с тефлоновыми вставками, кроме упрочения структуры изделий, приводит к получению более насыщенного желтого цвета изделий (естественно, при использовании продуктов помола твердой пшеницы или при добавлении к хлебопекарной пшенице, например, витамина В<sub>2</sub>). Это было увязано с отсутствием процесса окисления каротиноидных пигментов при участии фермента липоксигеназы, действующего только в присутствии кислорода воздуха.

Однако установлено, что уже с первых минут замеса теста образуются связанные и прочносвязанные комплексы жиров с белками, которые предохраняют каротиноиды от разрушения даже при наличии кислорода. Поэтому улучшение цвета изделий при вакуумировании теста связано не с предотвращением окисления каротиноидных пигментов, а с двумя другими процессами.

Во-первых, при гладкой поверхности изделий отсутствие воздушных пузырьков во внутренних слоях изделий вакуумированного теста повышает их прозрачность: лучи света проникают на большую глубину изделий, и большее

количество молекул пигментов участвует в избирательном светопоглощении, поэтому глаз человека воспринимает цвет таких изделий более насыщенно-желтым.

Во-вторых, при отсутствии кислорода воздуха во время замеса теста, исключается процесс потемнения теста, связанный с активностью фермента полифенолоксидазы, а также замедляется его протекание при сушке изделий: снижение доли темного компонента цвета изделий, увеличивает долю желтого компонента.

При отсутствии вакуумирования теста на шнековых макаронных прессах зачастую выпрессовываются белесые макаронные изделия даже при использовании муки из твердой пшеницы или яичных добавок.

Исследования показали, что белесый цвет макаронных изделий обусловлен исключительно физическим процессом насыщения теста множеством мельчайших пузырьков воздуха при его интенсивном перетирании в шнековой камере, иными словами, является следствием своеобразного взбивания теста в шнековой камере и получения пенообразной структуры. В результате этого цвет изделий становится белым даже при наличии значительного количества каротиноидных пигментов. При прессовании крутого макаронного теста возрастает интенсивность его перетирания, в результате чего оставшийся в тесте воздух превращается в микропузырьки, распределенные по всему объему теста. При перетирании тесто разогревается, повышается его пластичность, снижается давление прессования, величина которого становится недостаточной для выдавливания пузырьков воздуха из формуемого теста.

Наличие пузырьков воздуха в изделиях из невакуумированного теста является причиной еще одного дефекта внешнего вида изделий, который возникает в начальной стадии сушки при температуре от 60 °С до 65 °С. Пузырьки воздуха расширяются внутри еще пластичных изделий и затем появляются на поверхности сухих изделий в виде светлых точек, особенно ухудшающих вид изделий с гладкой поверхностью. Поэтому нельзя

использовать высокотемпературные (ВТ) режимы в самом начале сушки невакуумированных изделий.

Исследования, проведенные Н.И. Назаровым и Л.Ф. Глущенко, показали, что в процессе приготовления макаронного теста фигурируют три вида поглощения воздуха: механическое – во время перемешивания муки и воды, адсорбционное связывание воздуха внешней поверхностью частиц муки и абсорбционное – поверхностью их капилляров и, наконец, растворение воздуха в жидкой дисперсионной среде – клейковине.

Процесс деаэрации теста протекает в три периода. В первый период из теста удаляется механически захваченный воздух, который находится в тесте в виде замкнутых пузырьков. Во второй период, отсасывается сорбционно-связанный воздух. В третий период удаляется воздух из растворов, имеющих в тесте коллоидную природу.

Оптимальное время вакуумирования теста от 5 до 7 минут. При увеличении длительности вакуумирования заметного изменения воздухосодержания в тесте не наблюдается. Деаэрировать тесто из хлебопекарной муки труднее, чем из крупки, так как в тесте из порошкообразной муки размер пузырьков механически захваченного воздуха меньше, в нем более развита сорбирующая поверхность муки и их капилляров.

## **2.9 Высокотемпературный режим замеса теста**

При нагнетании уплотненного теста к матрице в шнековой камере прессы внутренние слои теста испытывают постоянные деформации сдвига, смещения слоев. Наблюдается турбулентный характер движения теста. При увеличении температуры выше 60 °С структура теста не фиксируется: денатурирующаяся клейковина, находящаяся в постоянном смещении, не формирует устойчивую структурную решетку вплоть до продавливания теста через отверстия матрицы.

Набухающие же зерна крахмала увеличивают свою пластичность, повышая текучесть теста. В результате этого при формовании теста на шнековых прессах, увеличение его температуры приводит к постоянному росту скорости выпрессовывания изделий и снижению давления прессования вплоть до температуры теста, равной 90 °С.

Однако, из этого не следует, что температуру теста можно увеличивать до 90 °С, т.к. тепловая денатурация клейковины приводит к потере ею связующих свойств, снижению прочности структуры изделий, которая формируется в каналах матрицы и, следовательно, к увеличению потери сухих веществ во время варки изделий. Увеличивать температуру теста перед матрицей выше 55 °С следует только внешним подводом теплоты к тесту и ни в коем случае не разогревом теста в результате интенсивного трения его «перетиранья», приводящего к глубокой механотермической деструкции клейковины и потере ею связующих свойств в еще большей степени, чем в результате только термической деструкции при таких же температурах.

Установлено, что для увеличения производительности пресса, без заметного снижения качества продукции, необходимо использовать высокотемпературный (ВТ) режим замеса. При данном режиме температура теста после замеса на шнековых прессах должна быть около 60 °С, с тем, чтобы перед матрицей она составила не более 65 °С, с учетом прироста температуры теста при таких условиях замеса примерно на 5 °С.

Таким образом, при применении высокотемпературного режима замеса, в шнековой камере происходит уплотнение и формирование пластичной массы теста, что снижает степень перетиранья теста и увеличивает его текучесть, хотя и приводит к некоторому росту термической денатурации клейковины.

При традиционной низкотемпературной технологии замеса, вязкость уплотняемого и формуемого теста выше, следовательно, степень его перетиранья в шнековой камере возрастает, а текучесть снижается. Перетирание ведет к увеличению температуры теста, которую снижают подачей холодной воды в рубашку шнекового цилиндра. Однако при этом

вязкость теста вновь увеличивается, а скорость выпрессовывания, т.е. производительность прессы, снижается. Отсутствие же тепловой денатурации клейковины при традиционном режиме замеса и прессования, компенсируется увеличением степени механической денатурации в результате большей вязкости теста и увеличения сдвиговых, истирающих усилий. Поэтому когезионная прочность клейковины макаронного теста, замешенного при традиционном режиме и выпрессовываемого при температуре от 50 °С до 55 °С, примерно равна когезионной прочности клейковины теста, замешенного при высокотемпературном режиме и выпрессовываемого при температуре 65 °С.

Высокотемпературный режим замеса макаронного теста, сохраняя нормальные качества изделий, дает следующие преимущества по сравнению с традиционным режимом замеса:

- увеличивается производительность прессы на 10 – 15 % и одновременно снижается расход энергии на такую же величину, что обусловлено повышением текучего теста при нагревании его перед прессованием;

- предотвращается выпрессовывание белесых изделий вследствие повышения пластичности теста, снижения интенсивности процессов перетирания теста в шнековой камере и насыщения его мельчайшими пузырьками воздуха;

- не требуется расхода воды на охлаждение шнековой камеры;

- сокращается продолжительность сушки изделий и предотвращается их слипание, вследствие испарения около 3 % влаги с поверхности выпрессовываемых сырых изделий и образования подсушенной корочки в результате разницы температур изделий и окружающего воздуха;

- улучшается цвет изделий в результате частичной тепловой инактивации фермента полифенолоксидазы.

Достичь температуры теста во время замеса порядка 60 °С увеличением температуры воды, подаваемой в тестосмеситель, не удастся, поскольку даже при горячем замесе, когда температура воды составляет около 90 °С,

температура теста не превысит 50 °С. К тому же подача горячей воды нежелательна, вследствие заваривания части муки, соприкасающейся со струей воды. Поэтому одним из наиболее простых способов реализации высокотемпературного режима замеса макаронного теста является оснащение тестосмесителя пресса внешним обогревателем: паровой или водяной рубашкой, электронагревателем и т.п.

Наиболее целесообразно применять высокотемпературный режим замеса при производстве короткорезанных макаронных изделий, поскольку при выпрессовывании длинных изделий подсушка их поверхности будет придавать ломкость сырым изделиям, что усложнит процесс их разделки. Кроме того, применение высокотемпературного режима замеса имеет свои сложности при использовании прессов с вакуумированием теста в тестосмесителях, в которых вместе с отсосом воздуха удаляется влага, испаряющаяся из нагреваемой тестовой массы. Наконец, высокотемпературный режим замеса нежелателен для теста с яичными добавками, вследствие более низкой температуры денатурации яичного белка, чем клейковины теста.

Две последние проблемы не возникают при использовании высокотемпературного режима формования макаронных изделий сквозь нагретые матрицы, о чем будет рассказано далее.

## **2.10 Вопросы для самоконтроля**

- 1 Какая пшеничная мука при производстве макаронных изделий требует большего времени на замес теста?
- 2 Температура воды при замесе теста - 25 °С. Какой это замес?
- 3 Каков оптимальный размер частиц крупки муки при производстве макаронных изделий?

4 Какие основные биохимические процессы протекают в процессе тестообразования?

5 В чем заключается высокотемпературный режим замеса макаронного теста и каковы его преимущества и недостатки по сравнению с традиционным режимом замеса?

6 Каковы основные причины возникновения дефектов в сырых макаронных изделиях и меры по их устранению?

7 В чем назначение вакуумирования теста и на какой стадии производства целесообразно его применять?

8 Какие основные факторы влияют на свойства теста и выпрессовываемых сырых изделий? Как они влияют на реологические свойства теста и качество изделий?

9 Каковы отличия в структуре и свойствах макаронного теста после замеса и после уплотнения?

10 Какова продолжительность замеса теста при изготовлении макаронных изделий из крупки?

11 Для выработки каких изделий может быть использован высокотемпературный режим замеса?

### **3 Технологические основы прессования макаронного теста**

Фундаментальные исследования сложных явлений, происходящих при движении макаронного теста в шнековой камере и каналах матрицы, на которых базируется современная теория прессования макаронного теста, были проведены В.В. Лукьяновым, Н.И. Назаровым, Ю.А. Мачихиным, Б.М. Азаровым, М.Н. Караваевым. Некоторые положения этой теории рассмотрены ниже.

#### **3.1 Движение теста в шнековой камере**

После замеса макаронное тесто представляет собой сыпучую крошковатую или мелкокомковатую массу, которая в процессе дальнейшей обработки в шнековой камере пресса, превращается в плотное пластичное тесто, пригодное для формования.

Процесс перемещения и прессования макаронного теста в шнековой камере условно можно разделить на четыре зоны: I - прием и транспортирование теста, II- прессование (уплотнение), III- перемещение спрессованного теста по виткам шнека, IV- нагнетание спрессованного теста по цилиндрическому каналу трубы шнека к прессовой головке, подача его к матрице и выпрессовывание через отверстия матрицы (рисунок 3.1).

Из корыта тестосмесителя макаронное тесто в виде неоднородной сыпучей массы поступает в первую приемную зону нагнетающего шнека, где частично заполняет межвитковое пространство.

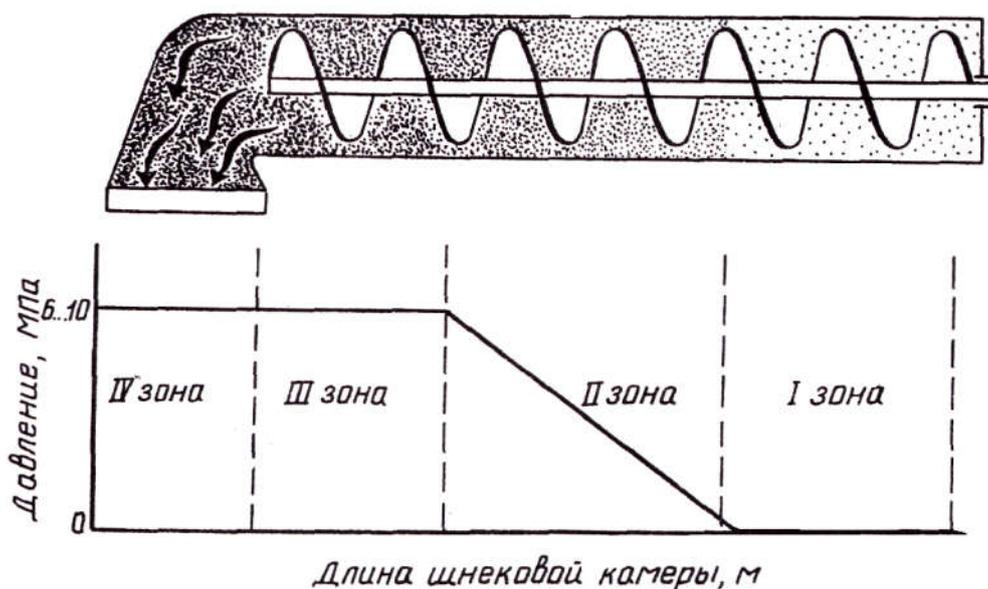


Рисунок 3.1 – Схема движения и прессования тестовой массы в шнековой камере

Витки шнека при вращении соприкасаются с частицами теста и оказывают на них давление. Частицы теста в I – ой зоне перемещаются в основном поступательно. Поскольку эта зона полностью не заполнена тестом, то в ней отсутствует давление и тестовая масса перемещается как в обычном транспортном шнеке. В этой зоне тестовая масса перемещается свободно и ее частицы не связаны одна с другой.

Во II – ой зоне, в отличие от I – ой, тестовая масса уплотняется, и степень связанности частиц увеличивается. Уменьшаются промежутки между частицами и вытесняется из теста воздух. При этом увеличиваются число и поверхность контактов между частицами теста. Происходит склеивание частиц друг с другом клейковинными нитями и пленками. Тесто перестает вести себя, как сыпучая масса и начинает оказывать сопротивление перемещению, как вязкопластичное тело.

Частицы теста под воздействием вращающейся винтовой поверхности шнека получают два движения: поступательное, вдоль оси шнека, и

вращательное, вокруг оси шнека. В этой зоне шнековой камеры наблюдается турбулентный характер течения теста, который сопровождается интенсивным перемешиванием теста, равномерным распределением влаги в его массе. Во II - ой зоне происходит увеличение давления от нуля до величины давления прессования. Давление возникает только тогда, когда тесто полностью заполнит весь свободный объем полости шнека. Увеличивается сила сцепления частиц между собой (прочность когезии) и с поверхностями шнека и шнековой камеры (прочность адгезии). В конце II – ой зоны тесто плотно заполняет объем винтовой полости шнека. Тестовая масса уплотняется, увеличивается объемная масса теста. В этой зоне, кроме основной операции прессования, шнек путем интенсивного перемешивания продолжает процесс замеса – проминку теста. Одновременные замес и прессование способствуют не только уплотнению, но и пластификации теста.

Тесто, уплотненное во II зоне, перемещается в III зону и под действием давления поддерживается в таком состоянии. Спрессованная масса теста, как и во II зоне, совершает вращательно-поступательное движение с относительным послыльным перемещением частиц.

К концу III зоны тесто приобретает сплошную однородную структуру, чему способствует продолжающийся в этой зоне процесс проминки теста. В результате трения внутренних слоев теста между собой и трения теста о поверхности шнека и шнековой камеры происходит разогрев тестовой массы, что увеличивает ее пластичность и текучесть.

Спрессованная масса теста выходит из винтовой полости шнека и в виде закрученного пульсирующего потока поступает в IV зону. Выходя из шнека с неодинаковой осевой скоростью, тесто преодолевает силу давления в прессовой головке, входит в нее и распределяется по ее сечению. Течение теста в конусном канале прессовой головки происходит с неодинаковой скоростью, так как слои, прилегающие к стенкам канала, движутся медленнее, чем слои в центре. Поэтому тестовая масса при выходе из шнека поступает прежде всего в центр потока, что приводит к неравномерному распределению давления по

сечению прессовой головки и, следовательно, неравномерному давлению теста по площади матрицы.

Давление в IV зоне обусловлено двумя факторами: величиной подачи вращающимся шнеком теста к матрице и сопротивлением формирующих отверстий матрицы продавливанию теста. Соотношение этих двух параметров определяет скорость формования (выпрессовывания) теста через матрицу, т.е. производительность прессы.

*Форма нагнетающих шнеков.* При вращении шнека на частицы уплотненного теста в камере действует усилие  $P$ , направленное перпендикулярно плоскости пера шнека (рисунок 3.2).

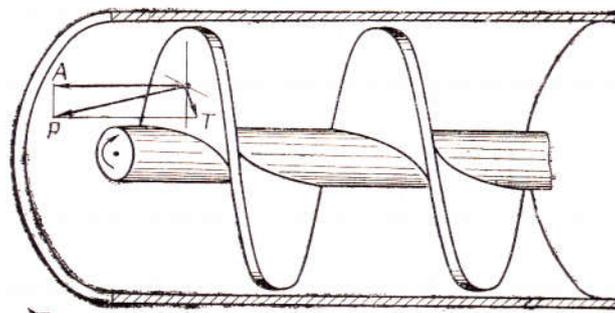


Рисунок 3.2 – Усилия, действующие на тесто при вращении шнека

Это усилие может быть разложено на две составляющие:  $A$  – аксиальную и  $T$  – тангенциальную. Аксиальная составляющая – полезное усилие, обеспечивающее перемещение теста к матрице и продавливание его через ее формирующие отверстия. Тангенциальная составляющая – отрицательное усилие, которое стремится не перемещать тесто, а проворачивать его.

Тангенциальной силе должна быть противопоставлена реакция, направленная также тангенциально и препятствующая проворачиванию частиц

теста вместе с винтом шнека. Реакция создается благодаря силам сцепления частиц теста со стенками шнекового цилиндра.

Отсюда первое важное условие, обеспечивающее нормальную работу нагнетающего шнека: необходимо, чтобы силы сцепления (прилипания) частиц теста с поверхностью шнекового цилиндра превосходили силы сцепления частиц теста между собой, т.е. силы адгезии теста с поверхностью шнековой камеры превосходили силы когезии тестовой массы. Иначе тесто будет вхолостую вращаться вместе с винтом шнека и не получит полезного перемещения вперед к матрице.

Аксиальному усилию, стремящемуся переместить частицу теста вдоль шнековой камеры к матрице, противодействует аксиальная реакция, тормозящая полезное перемещение теста вдоль оси шнека.

Для уменьшения аксиальной реакции желательно, чтобы силы сцепления частиц теста с поверхностью шнековой камеры были меньше сил сцепления частиц теста между собой.

Указанные условия требуют создания различных по абсолютной величине сил сцепления частиц теста с поверхностью шнековой камеры в зависимости от направления движения: максимальную в тангенциальном направлении и минимальную в аксиальном направлении.

Следовательно, для увеличения аксиальной составляющей и уменьшения тангенциальной необходимо внутреннюю поверхность шнековой камеры тщательно обрабатывать (полировкой) и наносить на нее неглубокие продольные канавки, затрудняющие проворачивание тестовой массы вместе с рабочим винтом. Кроме того, чтобы исключить прилипание теста к шнеку, его поверхность шлифуют и хромируют.

На соотношение аксиального и тангенциального усилий, действующих на тесто при вращении шнека, значительное влияние оказывает угол подъема винтовой лопасти шнека.

На рисунке 3.3 изображены два шнека одинакового диаметра Д.

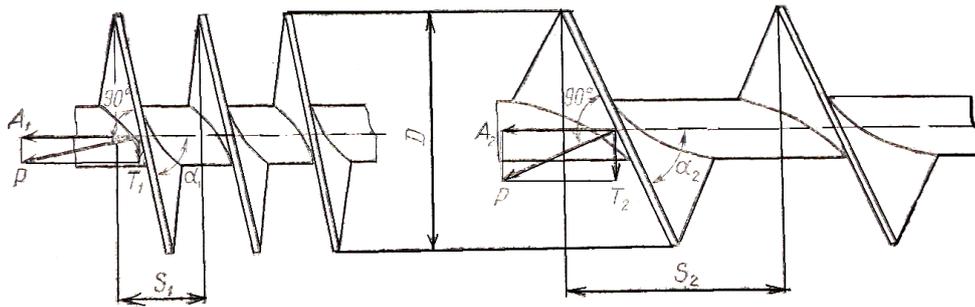


Рисунок 3.3 – Влияние параметров шнека на соотношение аксиального и тангенциального усилий

Угол наклона  $\alpha$  винта первого шнека к его оси больше, чем второго, при этом шаг  $S$  первого шнека меньше, следовательно ниже и отношение  $\frac{S}{D}$ . При одинаковых усилиях  $P$ , оказываемых перьями шнеков на частицы теста, величина аксиальной составляющей  $A$  первого шнека больше, чем второго, а величина тангенциальной составляющей  $T$  второго шнека больше, чем первого. Таким образом, чем ниже  $\frac{S}{D}$ , тем меньше будет проворачивание теста и тем больше будет его перемещение к матрице. Однако, с уменьшением шага шнека сокращается его межвитковое пространство, а значит, и количество теста, подаваемого к матрице за один оборот шнека.

Установлено, что надежная работа пресса и стабильное качество изделий обеспечивается при величине отношения шага шнека к его диаметру (показатель, который характеризует угол подъема лопасти шнека), равной от 0,5 до 1,0. В указанных пределах большее значение отношения шага шнека к его диаметру целесообразно применять для шнеков с диаметром до 100 мм, а меньшее – свыше 100 мм.

При перемещении спрессованного теста к матрице происходит не только трение теста о внутреннюю поверхность шнековой камеры и о лопасти шнека, но и интенсивное перетиравание слоев теста друг о друга. Это объясняется тем, что лишь около 20 % теста, нагнетаемого шнеком к матрице, продавливается через отверстия. Остальная масса закручивается в матричной камере, стремясь возвратиться в межвитковое пространство шнека. В результате этого перетирания температура теста повышается на 10 – 20 °С.

Во избежание перегрева теста шнековые и матричные камеры снабжаются водяными рубашками, по которым циркулирует холодная вода (после длительной остановки пресса, для подогрева первых порций теста в рубашку подают горячую воду).

*Изнашиваемость лопастей шнека.* В процессе работы пресса происходит постепенный износ лопастей шнека и внутренней стенки шнековой камеры, что отрицательно сказывается на работе прессующего устройства, на свойства теста и макаронных изделий.

Износ поверхности лопасти шнека по наружному диаметру, а также внутренней поверхности шнековой камеры приводит к увеличению зазора между шнеком и камерой.

При увеличении зазора от 0,5 до 1,0 мм резко повышается возврат теста в образовавшуюся щель, в результате чего падает давление прессования, происходит интенсивное перетиравание теста в результате механической деструкции клейковины. Если лопасти шнека изготовлены из непрочного материала, то происходит попадание в тесто значительного количества микроскопических частиц металла, в результате чего выпрессовываемые изделия приобретают темно-серый цвет. Реализация такой продукции недопустима.

### 3.2 Физические свойства уплотненного теста

Уплотненное тесто является упруго-пластично-вязким коллоидным телом. Рассмотрим основные свойства уплотненного теста.

*Упругость* макаронного теста, т.е. свойство восстанавливать первоначальную форму при мгновенном снятии приложенной нагрузки, проявляется при малых и кратковременных нагрузках.

*Пластичность* макаронного теста, т.е. способность к формоизменению и течению при напряжениях выше критического, называемого пределом упругости, проявляется при значительных по величине нагрузках и длительном их воздействии, т.е. при формовании макаронного теста. После снятия нагрузки тесто сохраняет приданную ему форму, деформируется.

*Вязкость* теста является мерой сопротивления его текучести и определяется величиной сил сцепления его частиц между собой, называемых силами когезии: чем больше величина сил когезии теста, тем оно более вязкое, крутое, т.е. вязкость обратна текучести.

Для макаронного теста вязкость непостоянна. Она зависит от влажности, температуры, давления прессования и других факторов.

Уплотненное макаронное тесто обладает определенным периодом релаксации (рассасывания) напряжений, возникающих в тесте при его деформации в процессе формования.

*Период релаксации*, т.е. время, в течение которого рассасываются, гасятся внутренние напряжения в тесте, зависит от давления прессования, температуры и влажности теста. Чем больше давление прессования, чем ниже температура и влажность теста, тем больше период релаксации, тем в большей степени проявляется упругое последствие теста.

За счет упругого последствия диаметр сырых макаронных изделий после выпрессовывания увеличивается примерно на 10 % по сравнению с диаметром формующего отверстия матрицы.

### 3.3 Высокотемпературный режим формования макаронного теста

Для увеличения производительности прессы, с сохранением нормального качества изделий, применяют ВТ режим замеса теста или ВТ режим формования макаронных изделий сквозь нагретые матрицы. Высокотемпературный режим замеса имеет ограничения в использовании: нежелателен для теста с яичными добавками (из-за более низкой температуры денатурации яичного белка, чем клейковины теста) и рекомендуется только для производства короткорезанных изделий, поскольку, при выпресовывании длинных изделий подсушка их поверхности придает ломкость сырым изделиям, что усложняет процесс их разделки.

Эти проблемы не возникают при использовании ВТ режима формования. Высокотемпературный режим формования позволяет достичь высокой производительности прессы, при выработке макаронных изделий из хлебопекарной муки, полукрупки и хлебопекарной муки с яичными добавками, а также при использовании матриц с низкой пропускной способностью (низким коэффициентом живого сечения).

Формование макаронных изделий через нагретую матрицу сопровождается положительными изменениями свойств белка и крахмала в поверхностном слое изделий, глубина которых увеличивается с повышением температуры матрицы.

Установлено, что при быстром прохождении уплотненного теста через формирующие каналы нагретой матрицы, глубоких денатурационных изменений белка не происходит. Наблюдается частичная денатурация белка и декстринизация крахмала. Частичная денатурация белка сопровождается фиксированием клейковинного каркаса в поверхностных слоях изделий и происходит в каналах матрицы, т.е. в период закрепления формы изделий и отсутствия относительного смещения слоев.

Увеличение содержания декстринов и желатинированных крахмальных зерен, заключенных в денатурированную клейковинную матрицу, тоже желательно, поскольку оно будет способствовать повышению степени усвояемости углеводов, сокращению длительности варки изделий до готовности и потерь сухих веществ в варочной воде. Фиксированием крахмало-клейковинной матрицы изделий во время ВТРФ объясняется и упрочение сваренных макарон.

Улучшается микробиологическая чистота макаронных изделий, особенно с яичными добавками, изготовленных по режиму ВТРФ по сравнению с ВТРЗ и тем более традиционными режимами (ТР).

При формовании изделий через нагретую до температуры  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  металлическую матрицу без тефлоновых вставок выпрессовываются изделия с абсолютно гладкой поверхностью. Это явление связано с тем, что испаряющаяся в формуемых изделиях влага, создает между поверхностью изделий и каналом матрицы, паровую прослойку, которая предотвращает прилипание тестовой поверхности изделия.

В результате исследований, проведенных Медведевым Г.М., Аржановой И.В., были определены оптимальные температуры нагрева матриц при высокотемпературном режиме формования:

- при использовании матриц с тефлоновыми вставками от  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- при использовании металлических матриц без тефлоновых вставок от  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ , т.к. при этом достигаются максимальное увеличение производительности прессы и наилучшее качество продукта (абсолютно гладкая поверхность и лучшие варочные свойства).

Промышленные матрицы можно обогреть горячим воздухом или теплоэлектронагревателями (ТЭНы), которые укладывают в специальную кольцевую канавку, пропиленную по периметру матрицы. Возможны и другие способы нагрева.

При переходе на высокотемпературный режим формования с увеличением производительности прессы, режим сушки изделий не меняется.

При использовании высокотемпературного режима формования, без увеличения производительности прессы (со снижением влажности теста в тестосмесителе на 2 % и более), режим сушки изделий должен быть смягчен, для этого снижают температуру воздуха в сушилке.

### **3.4 Вопросы для самоконтроля**

1 Охарактеризуйте реологические свойства уплотненного теста?

2 Какие четыре зоны проходит макаронное тесто в процессе перемещения и прессования?

3 В какой зоне шнековой камеры тесто совершает поступательное движение, а в какой – турбулентное?

4 В какой зоне шнековой камеры происходит увеличение давления до величины давления прессования?

5 Какие условия необходимо соблюдать для обеспечения нормальной работы нагнетающего шнека?

6 Какое должно быть отношение шага шнека к его диаметру?

7 Каковы причины изнашиваемости лопастей шнека?

8 Какие основные факторы влияют на реологические свойства теста и качество изделий?

## **4 Физико-химические процессы сушки, охлаждения и стабилизации макаронных изделий**

### **4.1 Формы связи влаги в макаронном тесте**

Уплотненное макаронное тесто и сырые макаронные изделия относятся к коллоидно-капиллярно-пористым материалам, в которых, по классификации академика П.А. Ребиндера различают три вида формы связи влаги: химическую, физико-химическую и физико-механическую. В сырых макаронных изделиях наблюдаются в основном две первые формы связи влаги.

Химически связанная вода входит в состав молекул вещества и может быть удалена из него только химическим взаимодействием или прокаливанием. При сушке химически связанная влага не удаляется.

Физико-химическая связь влаги включает два вида: адсорбционную и осмотическую.

Адсорбционно связанная влага представляет собой жидкость, удерживаемую на внешней и внутренней поверхностях мицелл-частиц размером от 0,1 до 0,001 мкм, которые в макаронном тесте и сырых изделиях представляют собой отдельные свернутые цепочки молекул белка и крахмала или их группы (конгломераты).

Адсорбционное связывание влаги вызывается гидратацией, этот процесс сопровождается выделением тепла, которое называется теплотой гидратации.

За адсорбционным поглощением наступает осмотическое проникновение влаги внутрь мицелл. Осмотическое поглощение влаги вызывается наличием внутри коллоидной мицеллы водорастворимых веществ (водорастворимые белки, декстрины, сахара, соли и др.). Из-за разности концентрации жидкости снаружи и внутри клеток, создается осмотическое давление, под действием которого влага проникает в мицеллу. Поглощение влаги этим путем протекает без выделения тепла и без сжатия системы.

Вся влага, связанная адсорбционно и осмотически, называется коллоидно-связанной влагой. В макаронном тесте связывается больше влаги осмотически, чем адсорбционно; больше белками, чем крахмалом. Объясняется это различной гидрофильностью этих компонентов при обычной температуре теста (от 45 °С до 50 °С). При более высокой температуре (свыше 65 °С) белок и крахмал своими ролями меняются, но такой температуры макаронное тесто не достигает.

Адсорбционная влага требует для своего удаления значительно большей затраты энергии, чем осмотически связанная влага.

Для удаления адсорбционно-связанной влаги ее нужно превратить в пар, после чего она перемещается внутри материала в виде пара.

Осмотически связанная влага большей частью перемещается внутри материала в виде жидкости путем диффузии через стенки клеток, т.е. таким же путем, как она проникла в продукт.

При сушке макаронных изделий вначале удаляется, как наименее прочно связанная, осмотическая влага, а затем - адсорбционная. Кроме того, в первую очередь отделяется влага, удерживаемая крахмальными зернами, а затем белками.

## **4.2 Особенности сушки макаронных изделий**

Сушка является одним из способов консервирования макаронного теста, состоящего из весьма гидрофильных полимерных веществ. Если не удалить из него влагу, то в нем будут развиваться физико-химические, биохимические и другие процессы, которые приведут к порче продукта. Различают несколько способов сушки (терморadiационная, сушка в электромагнитном поле токов высокой и сверхвысокой частоты), но в подавляющем большинстве высушивание макаронных изделий осуществляется конвективным способом.

Конвективный способ сушки основан на тепло - и влагообмене (массообмене) между высушиваемым материалом и нагретым сушильным воздухом. Основными параметрами сушильного воздуха являются температура, относительная влажность и скорость движения воздуха. Продолжительность сушки определяется и свойствами материала, в частности плотностью и толщиной заготовок макаронных изделий.

Во время высушивания перемещение влаги из внутренних слоев к наружным происходит под влиянием *градиента влажности  $\Delta W$* , т.е. разницы во влажности слоев, возникающей в результате испарения влаги с поверхности изделий и осушения наружных слоев. Градиент влажности направлен к центру высушиваемых изделий, т.е. в направлении, противоположном перемещению влаги, и величина его тем больше, чем интенсивнее происходит осушение наружных слоев. Явление перемещения влаги под влиянием градиента влажности называется *влажностопроводностью* или *концентрационной диффузией*.

При прогреве высушиваемых изделий возникает также *градиент температуры  $\Delta t$* , под влиянием которого влага стремится переместиться внутрь материала, т.е. по направлению теплового потока. Это явление называется *термовлажностопроводностью* или *термической диффузией*.

Процесс сушки макаронных изделий графически изображают в виде кривой сушки, характеризующей изменение влажности изделий во времени и кривой скорости сушки (рисунки 4.1 – 4.2).

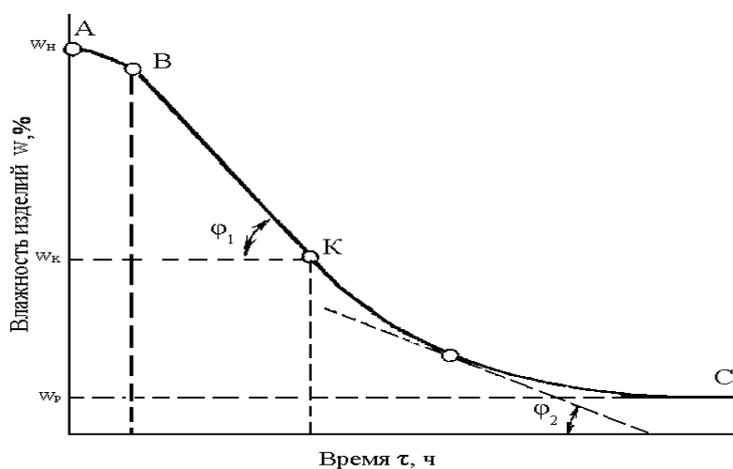


Рисунок 4.1 – Кривая сушки макаронных изделий

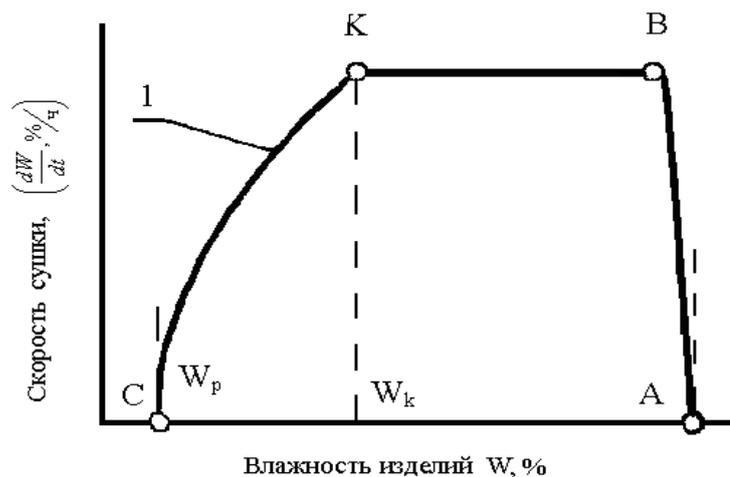


Рисунок 4.2 – Кривая скорости сушки макаронных изделий

Скорость сушки – это изменение влажности в единицу времени  $\left(\frac{dW}{dt}, \%/ч\right)$ . Кривую скорости сушки строят методом графического дифференцирования по кривой сушки. Скорость сушки в любой момент времени определяют как тангенс угла наклона касательной, проведенной через точку кривой сушки, соответствующую определенной влажности.

В начале сушки небольшой участок кривой АВ указывает на прогрев сырых изделий с начальной влажностью  $W_n$ . Прогрев занимает немного времени, продолжительность его зависит от температуры агента сушки. При высокой температуре стадия прогрева настолько мала, что она может быть не видна на кривой сушки. В этот период направление перемещения влаги обуславливается действием концентрационной диффузии, она преобладает. Миграция влаги происходит от центра к поверхности изделий. Скорость сушки в стадии прогрева увеличивается до максимальной величины и в дальнейшем она остается постоянной. Сырые макаронные изделия быстро прогреваются, происходит выравнивание температуры слоев, и градиент температуры становится равным нулю. В дальнейшем процессе сушки, при постоянной сушильной способности воздуха, главная роль принадлежит концентрационной диффузии. Изменение влажности происходит по прямой линии. Все

подводимое тепло расходуется на испарение влаги, и, следовательно, изделия не нагреваются – температура их поверхности в течение этого периода остается постоянной.

Во время этого периода, называемого периодом постоянной скорости сушки, происходит удаление из изделий менее прочно связанной осмотической влаги.

При некотором значении влажности изделий, которое называют критическим  $W_K$ , наблюдается снижение скорости удаления влаги и наступает период падающей скорости сушки.

Непрерывная миграция влаги из внутренних слоев к поверхности материала приводит к постепенному уменьшению их влагосодержания, а следовательно, и к понижению градиента концентрации влаги, что, в свою очередь, вызывает уменьшение миграции влаги к поверхности и понижение ее влагосодержания.

Несоответствие между количеством влаги, испаряющейся с поверхности и поступающей из внутренних слоев материала, приводит к тому, что поверхность испарения превращается в зону испарения, со временем все более углубляющуюся, т.е. испарение происходит не только с геометрической поверхности материала, но и распространяется в глубь материала (происходит внешняя и внутренняя диффузии паров жидкости).

При равномерном подводе тепла уменьшается интенсивность испарения влаги с поверхности, что вызывает повышение температуры нагрева материала. Данный период сушки характеризуется уменьшением скорости сушки и увеличением температуры материала. В этот период происходит удаление влаги, адсорбционно связанной и прочно удерживаемой белковыми веществами.

Влажность высушиваемых изделий постепенно приближается к равновесной влажности  $W_p$ , сушка прекращается (скорость сушки равна нулю). В конце данного периода температура материала выравнивается с температурой агента сушки. Иными словами, сушильному воздуху с

определенными параметрами, соответствует определенная равновесная влажность изделий, которая не снизится, сколько бы они ни омывались этим воздухом.

Для правильного выбора режимов сушки, стабилизации, охлаждения и хранения макаронных изделий очень важно знать величины их равновесной влажности при разных температурно-влажностных параметрах воздуха. Кривые равновесной влажности (изотермы десорбции), строят на основании экспериментальных данных. При выборе режима сушки макаронных изделий надо использовать соответствующую кривую равновесной влажности. Из расположения изотерм десорбции следует, что с повышением относительной влажности воздуха равновесная влажность макаронных изделий возрастает, особенно резко в интервале влажности воздуха от 80 % до 95 %. С увеличением же температуры воздуха равновесная влажность снижается (рисунок 4.3).

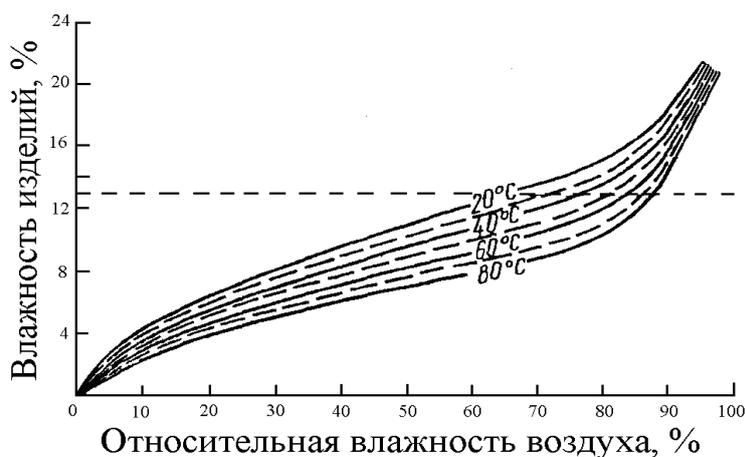


Рисунок 4.3 – Кривые равновесной влажности макаронных изделий

Так, если изделия сушат воздухом температурой 50 °C, то по соответствующей кривой можно определить, что для достижения изделиями влажности, например, 13 % относительная влажность воздуха должна быть не выше примерно 80 %. Если же влажность воздуха при этой температуре будет 85 %, то изделия высохнут только до влажности 14,5 %.

### **4.3 Изменение структурно-механических свойств макаронных изделий при сушке**

В процессе сушки изменяются физико-химические, структурно-механические, теплофизические и другие свойства макаронных изделий. Особое значение имеет изменение структурно-механических свойств, так как именно они непосредственно влияют на прочность готового продукта, его сохраняемость и поведение при варке.

При выборе и разработке режимов сушки необходимо учитывать следующее:

- 1) при снижении влажности изделий от 29 – 30 % до 13 – 14 % происходит сокращение их линейных и объемных размеров (усадка на 6 – 8 %);
- 2) макаронное тесто при высушивании медленно отдает влагу;
- 3) изменяются структурно-механические свойства изделий.

Характер изменения структурно-механических свойств высушиваемых изделий в значительной степени определяется параметрами сушильного воздуха, его температурой и влажностью. Используют три основных режима конвективной сушки макаронных изделий:

- традиционные низкотемпературные (НТ) режимы, когда температура агента сушки не превышает 60 °С;
- высокотемпературные (ВТ) режимы, когда температура воздуха достигает от 70 °С до 90 °С;
- сверхвысокотемпературные (СВТ) режимы, когда температура воздуха превышает 90 °С.

Установлено, что при НТ режимах сушки сырые макаронные изделия сохраняют пластические свойства до 20 %-ной влажности. При снижении влажности от 20 % до 16 % изделия утрачивают свойства пластичного материала и приобретают свойства твердого материала. При влажности 16 % и

ниже макаронные изделия полностью утрачивают пластичность и подвержены опасности к растрескиванию.

При мягких режимах сушки, т.е. при медленном высушивании изделий воздухом с низкой сушильной способностью, перепад по влажности между наружными и внутренними слоями невелик, т.к. влага из более влажных внутренних слоев успевает переместиться к подсушенным наружным слоям. Темп испарения влаги с поверхности изделий соответствует темпу подвода влаги из внутренних слоев. Все слои изделий сокращаются приблизительно равномерно. Сушильная способность воздуха – это количество влаги, которое может поглотить 1 кг воздуха до полного его насыщения.

При жестких режимах сушки, т.е. интенсивном высушивании изделий воздухом с высокой сушильной способностью, перепад по влажности между наружными и внутренними слоями достигает значительной величины, так как влага из внутренних слоев не успевает переместиться к наружным. Сухие наружные слои стремятся сократить свою длину, а более влажные внутренние слои этому препятствуют. Внутри изделий на границе слоев возникают напряжения, которые называются внутренними напряжениями сдвига. Величина этих напряжений тем значительней, чем интенсивнее удаляется влага с поверхности изделий, чем больше градиент влажности. Усадка изделий происходит неравномерно. Неравномерность усадки вызывает искривление изделий: влажная сторона будет деформироваться на растяжение, а сухая на сжатие.

Пока высушиваемые макаронные изделия сохраняют пластические свойства, возникающие внутренние напряжения сдвига рассасываются без изменения их структуры.

Когда же изделия приобретают свойства упругого материала, то возникающие внутренние напряжения сдвига, если они достигают критических значений, превышающих прочность изделий, приводят к появлению трещин вначале мелких, локальных, а затем, в случае нещадящего режима сушки, тотальных, раскалывающих все изделие.

Таким образом, при НТ режимах сушки макаронные изделия можно сушить при жестких режимах примерно до 20 %-ной влажности. Далее изделия следует сушить при мягких режимах, очень осторожно удаляя влагу, особенно по достижении изделиями влажности 16 % и ниже.

Однако и на первом этапе удаления влаги из изделий, степень жесткости режима имеет свои ограничения, поскольку чрезмерно быстрое осушение поверхностного слоя сырых изделий сухим воздухом температурой около 60 °С может привести к его отслаиванию, к образованию чешуйчатой поверхности изделий, так как влага не успевает подойти к поверхности из внутренних слоев плотной структуры тестовых заготовок. Поэтому, чем выше температура воздуха в начале сушки, тем выше должна быть его влажность.

При выходе из сушилки изделия имеют температуру примерно равную температуре сушильного воздуха. Поэтому перед упаковкой изделия следует охладить. Следует применять медленное охлаждение в течение не менее 4 ч при температуре воздуха от 25 °С до 30 °С и относительной влажности от 60 % до 65 %. При этом происходит стабилизация изделий: окончательное выравнивание влажности по всей толщe изделий, рассасывание внутренних напряжений сдвига, которые могли остаться после интенсивной сушки изделий, а также некоторое снижение влажности изделий за счет испарений из них влаги от 0,5 % до 1 %.

При ВТ и СВТ режимах сушки (температура воздуха превышает 70 °С и 90 °С) макаронные изделия остаются в пластическом состоянии вплоть до 16 - 13 %-ной влажности (в зависимости от температуры). Критическая влажность  $W_k$ , т.е. момент перехода материала из пластического состояния в упругое, перехода от постоянной скорости к падающей скорости сушки, снижается до величины влажности готовых изделий. Поэтому возникает возможность использования таких режимов на всем протяжении сушки, значительно сокращая ее продолжительность. Во избежание растрескивания высушенных изделий следует тщательно проводить стабилизацию и охлаждение изделий - без дальнейшего испарения из них влаги. Для этого

температурно-влажностные условия стабилизации и охлаждения высушенных изделий должны соответствовать одинаковой равновесной влажности их, т.е. на уровне 13 %. Например, если стабилизация высушенных изделий осуществляется при 70 °С, то относительная влажность воздуха должна составлять 85 % (равновесная влажность изделий при этих параметрах составляет 13 %). После стабилизации изделия можно сразу охлаждать воздухом в цехе с температурой от 20 °С до 25 °С и относительной влажностью 65 %: эти параметры соответствуют той же величине равновесной влажности (13 %), поэтому испарения влаги с поверхности изделий при охлаждении не будет.

#### **4.4 Высоко- и сверхвысокотемпературные режимы сушки**

Основной недостаток традиционных низкотемпературных режимов сушки макаронных изделий – чрезмерная продолжительность сушки.

В 70-х годах все ведущие фирмы перешли на режимы сушки с использованием температуры сушильного воздуха 70 °С и выше, что позволило сократить продолжительность сушки изделий в сушилках автоматизированных линий на 40 - 50 %: длинных изделий с 16 – 20 ч до 10 – 12 ч, коротких - с 7 – 8 до 4 – 6 ч.. Высокотемпературная сушка (ВТ) позволяет снизить расход энергии и уменьшить производственные площади на единицу вырабатываемой продукции, улучшить микробиологическое состояние, цвет и варочные свойства изделий.

В промышленности используются разные варианты ВТ режимов сушки. Главное условие их применения – повышение температуры должно сопровождаться увеличением относительной влажности воздуха. Сушильная способность воздуха на том или ином этапе ВТ сушки не превышает сушильную способность воздуха при низкотемпературной сушке (НТ), т.к.

повышение температуры компенсируется увеличением относительной влажности воздуха. При повышении температуры и влажности воздуха, во-первых, снижается градиент влажности в высушиваемых изделиях, во-вторых, снижается значение критической влажности макаронных изделий, т.е. увеличивается период их нахождения в пластическом состоянии. Благодаря этим двум факторам удается интенсифицировать процесс удаления влаги из изделий с сохранением их структуры.

Среди ВТ режимов сушки рассмотрим три наиболее распространенных варианта.

Первый вариант – ВТ режим используется на предварительной стадии сушки (это способствует углублению степени инактивации полифенолоксидазы и денатурации белков) с постепенным ступенчатым снижением температуры воздуха до 40 – 45 °С и дальнейшей стабилизацией изделий при этой температуре. При использовании этого варианта необходимо тщательно соблюдать высокую влажность воздуха на входе изделий в сушилку, чтобы предотвратить образование в толще изделий паровоздушных пузырьков.

Второй вариант – постепенное повышение температуры воздуха до максимальной величины и последующее постепенное снижение ее опять до 40 – 45 °С. Такой режим сушки называется режимом температурной инверсии. Этот режим способствует получению высокопрочного продукта. На окончательной стадии сушки и при стабилизации, температура изделий все время выше температуры окружающей среды. В результате этого градиент температуры внутри изделий направлен в ту же сторону, что и градиент влажности. Это способствует миграции влаги к поверхности высушиваемых изделий. Разновидность режима температурной инверсии используется на линиях фирмы «Паван».

Третий вариант – увеличение температуры воздуха на стадии предварительной сушки до максимального значения в пределах от 75 °С до 85 °С, сушка и стабилизация изделий при этой же температуре. Высушивание изделий до 13 – 13,5 % влажности происходит за 3 – 5 ч. (в зависимости от

температуры воздуха и вида изделий), а стабилизация изделий – в течение 5 – 7 ч. Таким образом, влажность воздуха на стадиях окончательной сушки и стабилизации должна поддерживаться на уровне, обеспечивающем при данной температуре равновесную влажность изделий порядка 13 %. При 80 °С этот уровень (относительная влажность воздуха) составляет примерно 82 %. Такой вариант ВТ режима сушки длинных макаронных изделий реализован на линии фирмы «Брайбанти».

Сверхвысокотемпературные режимы (СВТ) еще в большей степени, чем ВТ режимы, позволяют сократить продолжительность сушки, снизить производственные площади в расчете на единицу продукции. Резкого улучшения качества продукции в сравнении с использованием ВТ режимов сушки не наблюдается. Напротив, при нарушении влажностного режима сушки, в результате реакции Майяра, цвет изделий может приобрести коричневый оттенок, либо произойдет подгорание изделий. Особые требования предъявляются к стойкости материалов, из которых изготавливают рабочие органы сушилок, а также к жесткому соблюдению параметров сушки, для чего сушилки оснащают компьютерными системами управления, стоимость линий резко возрастает.

Фирма «Паван» одна из первых еще в 80-х годах использовала СВТ режимы сушки на линиях для производства как длинных, так и коротких макаронных изделий.

Несколько позже, с начала 90-х годов, СВТ режимы сушки длинных и коротких изделий начали использовать на линиях фирмы «Бюлер» (Швейцария). Разработанная фирмой система СВТ сушки, носит название «Турботерматик». Сущность этой системы заключается в поэтапном повышении температуры воздуха на стадии предварительной сушки до 95 °С (за 45 мин в сушилках линий для длинных изделий и за 30 мин для коротких изделий), выдерживании этой температуры в течение 40 мин для длинных изделий и 30 мин для коротких (при относительной влажности воздуха 85 %) и, наконец, в поэтапном снижении температуры сушки до 85 °С на стадии

окончательной сушки изделий. Общая продолжительность сушки изделий (без их стабилизации) для спагетти диаметром 1,7 мм составляет 4 ч 25 мин и для коротких изделий – 2 ч 45 мин.

Система «Турботерматик» используется и на линиях марки ЛАД-1500 для производства длинных макаронных изделий. Линии изготавливает АО «Рыбинские моторы» по лицензии фирмы «Бюлер».

Приведенные выше режимы СВТ сушки предусматривают быстрое снижение влажности макаронных изделий до конечного значения (12-13 %) с последующим периодом их стабилизации, длительность которого практически равна длительности сушки. В отличие от этого последней разработкой фирмы «Паван» явился СВТ режим сушки с чередованием периодов удаления влаги из изделий с периодами стабилизации изделий на соответствующем уровне их влажности. Такой режим называется высокотемпературным пульсирующим режимом.

К СВТ режимам сушки макаронных изделий относится режим с гигротермической обработкой изделий перед сушкой (разработал Н.И. Назаров и др.). Сущность этого режима заключается в обработке сырых изделий паровоздушной смесью в течение 2-х мин (для макарон) или сухим паром в течение 30 с (для короткорезанных изделий) с последующей сушкой. Параметры паровоздушной смеси: температура от 95 °С до 98 °С, относительная влажность 95 %. Температура перегретого пара от 120 °С до 180 °С. Такая обработка изделий перед сушкой позволяет сократить процесс их сушки за счет возможности применения жестких режимов, без опасения появления трещин. Это происходит в результате снижения энергии связи влаги с денатурированными, во время гигротермической обработки, белками и снижения, вследствие этого, линейной усадки изделий в 1,5 – 2 раза. Однако, параллельно протекающая при гигротермической обработке изделий клейстеризация крахмала, в их поверхностном слое, делает изделия липкими, усложняет их сушку. Этот режим не нашел применения, но в настоящее время

гигротермическую обработку изделий используют в производстве макаронных изделий быстрой варки и изделий, не требующих варки.

#### **4.5 Вопросы для самоконтроля**

1 Назовите основные формы связи влаги в сырых макаронных изделиях?

2 В чем отличия мягкого режима сушки от жесткого?

3 Как изменяются свойства макаронных изделий в процессе высушивания?

4 Чем отличаются НТ, ВТ и СВТ режимы конвективной сушки макаронных изделий друг от друга?

5 Какая влага в первую очередь удаляется при сушке макаронных изделий?

6 Какой фермент участвует в нежелательном процессе потемнения макаронных изделий при сушке?

7 Какова причина появления светлых точек на поверхности сухих макаронных изделий?

8 В какой период сушки происходит удаление менее прочносвязанной влаги?

9 Какая температура воздуха используется при ВТ режиме сушки?

10 При высушивании изделий, под влиянием градиента влажности, влага из внутренних слоев перемещается к наружным слоям. Как называется это явление?

## **5      **Аппаратурные схемы автоматизированных поточных линий по производству длинных макаронных изделий с разными способами сушки****

Автоматизированные линии представляют собой сложный комплекс унифицированного оборудования, установленного в порядке технологического процесса производства макаронных изделий.

По назначению автоматизированные линии подразделяют на две группы: для производства длинных и коротких изделий; по конструкции – на тоннельные и барабанные; по способу сушки изделий – на бастунах и в кассетах.

### **5.1    **Сушка длинных макаронных изделий подвесным способом****

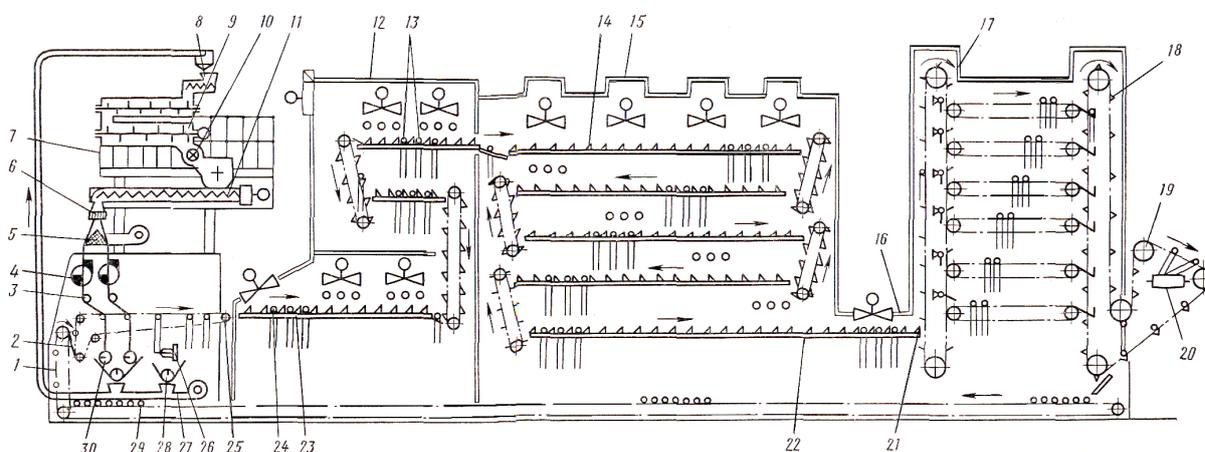
Для производства длинных изделий с сушкой их подвесным способом (на бастунах) используются отечественные линии Б6-ЛМВ, Б6-ЛМГ, ЛМБ и линии зарубежных фирм «Брайбанти», «Паван» (Италия); «Бюлер» (Швейцария).

Подвесным способом высушивают макароны (кроме обыкновенных и любительских), вермишель и лапшу разных видов.

Автоматические поточные линии, в которых применяется такой способ сушки, являются сложными, дорогостоящими установками, требующими квалифицированного обслуживания и значительных производственных площадей. Однако высушенные на них изделия имеют хорошее качество – они прямые, неслипшиеся, прочные.

Перечисленные автоматизированные линии различаются между собой мощностью, конструкцией отдельных элементов, но принцип сушки в них

одинаков. Все линии включают: шнековый макаронный пресс с тубусом для прямоугольных матриц и с агрегатом вакуумного насоса; автомат – саморазвес (машина для развески и подравнивания концов сырых макаронных изделий); предварительную и окончательную сушилки; стабилизатор – накопитель высушенных изделий; механизм для съема изделий с бастунов с механизмом их резки; механизм возврата бастунов к саморазвесу (рисунок 5.1). Исключение составляют линии фирмы «Паван». Кроме описанного выше оборудования, они имеют камеру «Рототерм» для инфракрасного облучения изделий; которая устанавливается между предварительной и окончательной сушилками.



1, 2, 18, 25 – цепные транспортеры; 3 – автомат – саморазвес двойной; 4,30,26 – ножи; 5 – обдувочное устройство; 6 – прямоугольные матрицы; 7 – шнековый пресс; 8 – дозировочное устройство; 9 – тестосмеситель; 10 – вакуумный затвор; 11 – прессующее устройство; 12, 15 – предварительная и окончательная сушилки; 13, 14, 22, 23 – ярусы сушилок; 16 – зона начала стабилизации; 17 – накопитель – стабилизатор; 19 – машина для съема и резки изделий; 20 – ленточный транспортер; 21 – гребенчатый транспортер; 24 – бастуны; 27 – пневмотранспортер сырых обрезков; 28 – шнеки; 29 – механизм возврата бастунов

Рисунок 5.1 – Аппаратурная схема автоматизированной линии производства длинных изделий с сушкой на бастунах

Технологический процесс на автоматизированных поточных линиях осуществляется в следующей последовательности. Мука и вода непрерывно и

равномерно дозируются 8 в тестосмеситель 9 пресса 7, в случае необходимости вводят различные добавки. После замеса и вакуумирования, тесто поступает в шнековые цилиндры прессующих устройств 11. Прессуется тесто через прямоугольные матрицы 6, установленные в прямоугольной камере, называемой тубусом. Выпрессованные из матриц пресса пряди длинных макаронных изделий поступают в саморазвес 3, где развешиваются на бастуны 24, отрезаются от основного потока на определенную длину и подравниваются подрезными ножами 4, 30, 26. Обрезки сырых изделий измельчаются и с помощью пневмотранспорта 27 подаются в тестосмеситель 9 пресса для вторичной переработки.

Из саморазвеса 3 бастуны с изделиями передаются на нижний ярус предварительной трехъярусной сушилки 12.

Назначение предварительной сушилки – относительно быстрое удаление влаги из сырых изделий на том этапе, пока они обладают пластическими свойствами, т.е. до 20 % - ой влажности. Быстрое снижение влажности изделий препятствует развитию различных микробиологических и биохимических процессов, в первую очередь - закисания и потемнения.

Параметры сушильного воздуха в предварительных сушилках перечисленных линий примерно одинаковы и в зависимости от ассортимента высушиваемых изделий составляют: температура воздуха от 35 °С до 45 °С, относительная влажность воздуха от 65 % до 75 %.

Продолжительность предварительной сушки в линиях составляет 3-4 часа, в линиях фирмы «Паван» 1,5 часа. В сушилке линии ЛМБ изделия находятся около 60 минут, влажность их снижается до 25 – 26 %, т.е. сушилка не выполняет своего назначения.

После предварительной сушки на всех линиях, кроме линии «Паван», бастуны с изделиями попадают на первый (верхний) ярус окончательной сушилки 15. Эта сушилка также тоннельная, имеет пять ярусов. Изделия высыхают в ней до влажности 13,5 %. Окончательные сушилки (за исключением линий фирмы «Паван») разделены по длине на зоны сушки и

отволаживания. Температура воздуха в зонах сушилки составляет от 35 °С до 45 °С, а относительная влажность воздуха от 70 % до 85 %.

В зонах отволаживания относительная влажность воздуха близка к насыщению (к 100 %), поэтому влага с поверхности изделий не испаряется. В этих зонах происходит выравнивание влажности продукта по всем внутренним слоям: медленная миграция влаги внутри изделий к поверхности, откуда была удалена влага во время нахождения изделий в предыдущей зоне сушки. При этом снижается градиент влажности, рассасываются внутренние напряжения сдвига.

Таким образом, удаление влаги из изделий производится ступенчато: периоды сушки чередуются с периодами отволаживания. Такой режим называется пульсирующим режимом сушки, в результате чего образуются прочные изделия со стекловидным изломом.

Продолжительность окончательной сушки изделий зависит от ассортимента и на линии Б6-ЛМВ составляет 16,6 – 29,6 ч, на линии Б6 – ЛМГ – 16 – 26 ч.

Выходящие из камеры окончательной сушки изделия влажностью 13,5 % направляются в зону начала стабилизации 16. Здесь начинается остывание изделий. Подогретый воздух имеет температуру 40 °С и относительную влажность воздуха 65 %. Пройдя зону начала стабилизации, изделия вертикальным цепным люлечным транспортером подаются на цепные транспортеры камеры накопления и стабилизации 17. В этой камере происходит медленное охлаждение изделий и распределение в них влаги. Основное назначение этой камеры – обеспечение круглосуточной работы линии при упаковке изделий в течение двух смен.

После накопителя – стабилизатора бастуны с макаронами попадают в машину для съема и резки изделий 19, где они снимаются с бастунов и режутся на равные части длиной 250 мм. Нарезанная продукция передается на фасовочный автомат, а обрезки, в виде концов прядей и дужек, пневматическим транспортом подаются в измельчитель для переработки. Освободившиеся

бастуны, механизмом возврата 29, передаются вновь к саморазвесу для осуществления очередного технологического цикла.

Фасовка и упаковка длинных изделий осуществляется на фасовочных автоматах и полуавтоматах фирмы «Замбони» (Италия) в две смены: дневную и вечернюю.

В линиях фирмы «Паван», выходящие из предварительной сушилки бастуны с изделиями, перед поступлением в окончательную сушилку, проходят камеру инфракрасного облучения «Рототерм».

Камера инфракрасного облучения состоит из ряда плоских, вертикально расположенных металлических пластин, имеющих температуру поверхности около 90 °С. Между пластинами с помощью цепного транспортера двигаются бастуны с изделиями. Относительная влажность воздуха в камере поддерживается около 100 %.

За время нахождения в камере в течение 15 – 20 минут изделия прогреваются по всей толщине до 80 °С, теряя при этом около 1 % влаги, и полностью отволаживаются. Из камеры инфракрасного облучения изделия поступают в окончательную сушилку, где обдуваются воздухом, имеющим температуру и относительную влажность: на нижнем ярусе – 40 °С и 80 %, на среднем ярусе – соответственно 35 °С и 70 %, на верхнем ярусе – 30 °С и 65 %. Прогретые в камере инфракрасного облучения изделия, попав в среду менее теплую, начинают остывать с поверхности, что приводит к перепаду температур между внутренними и поверхностными слоями. В результате этого ускоряется перемещение влаги из внутренних слоев к поверхностным. Это дает возможность полностью устранить стадию отволаживания в процессе окончательной сушки и, следовательно, сократить время окончательной сушки с 24 часов до 21 часа. Высушенные изделия имеют влажность 13 %; они не требуют стабилизации и могут сразу упаковываться.

На линиях фирмы «Паван» предусмотрены накопители изделий емкостью, равной двухсменной выработке, что позволяет упаковывать изделия

только в дневную смену при круглосуточной работе линии. Для фасовки и упаковки изделий используется оборудование фирмы «Хессер» (Германия).

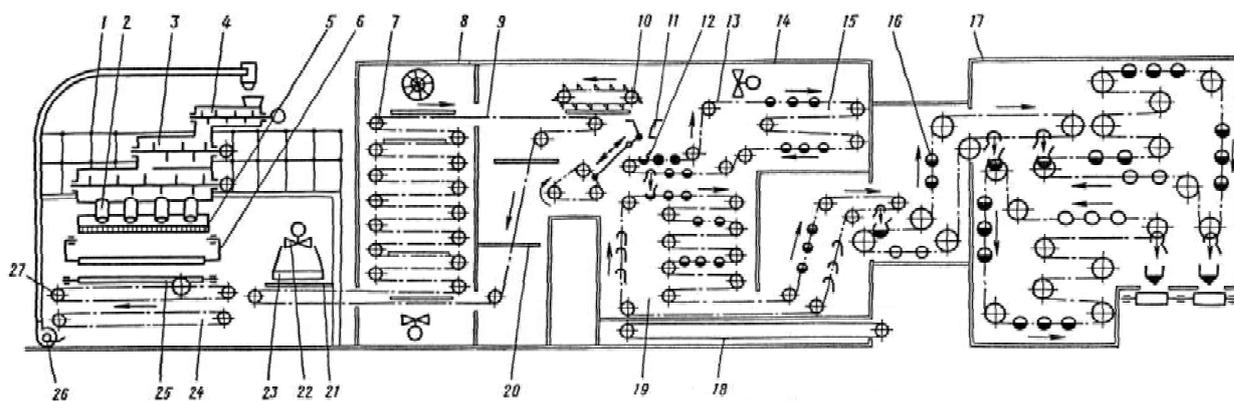
## **5.2 Сушка длинных макаронных изделий в цилиндрических кассетах**

В состав автоматизированной поточной линии для производства длинных изделий с сушкой их в цилиндрических кассетах фирмы «Бассано» входят: шнековый пресс 1, установка «Стендикст» 27 для резки и перекладки макарон на сушильные рамки; предварительная сушилка «Транслакс» 8; механизм «Трансферт» 10 перекладки макарон с рамок в цилиндрические кассеты 12; окончательная сушилка «Ролинокс» 14; накопитель 17 (рисунок 5.2).

Шнековый пресс состоит из следующих основных узлов: дозатора муки и воды, тестосмесителя 3, четырех прессующих шнеков 2, одного общего тубуса 5, устройства для обдувки макаронных прядей и механизма 6 их распределения.

Между дозатором и первым тестосмесителем установлен вакуумный центробежный увлажнитель, в котором за короткое время мука предварительно равномерно увлажняется. Окончательный замес теста осуществляется в двухкамерном тестосмесителе в течение 14 минут.

Конструкция тубуса 5 пресса обеспечивает установку двух прямоугольных матриц длиной по 1620 мм. Под тубусом размещена установка 6 для обдувки изделий, состоящая из двух воздухопроводов с центробежными вентиляторами.



1 – шнековый пресс; 2 – шнековые каналы; 3 – тестосмеситель; 4 – дозатор для муки; 5 – тубус; 6 – устройство для обдувки макаронных прядей и их распределения; 7, 9, 13 – цепной транспортер; 8 – предварительная сушилка; 10 – механизм перекладки макарон с рамок в цилиндрические кассеты; 11 – подвижной желоб; 12 – цилиндрическая кассета; 14 – окончательная сушилка; 15, 19 – зоны сушки; 16 – емкости цилиндрической формы; 17 – стабилизатор – накопитель; 18 – зона стабилизации; 20 – перекрытие; 21 – сушильные рамки; 22 – вентилятор; 23 – пневматический перекладчик изделий; 24 – ленточный транспортер; 25 – рольганг; 26 – специальный вентилятор; 27 – установка для резки и перекладки макарон на сушильные рамки

Рисунок 5.2 – Аппаратурная схема автоматизированной линии производства длинных макаронных изделий с сушкой в цилиндрических кассетах

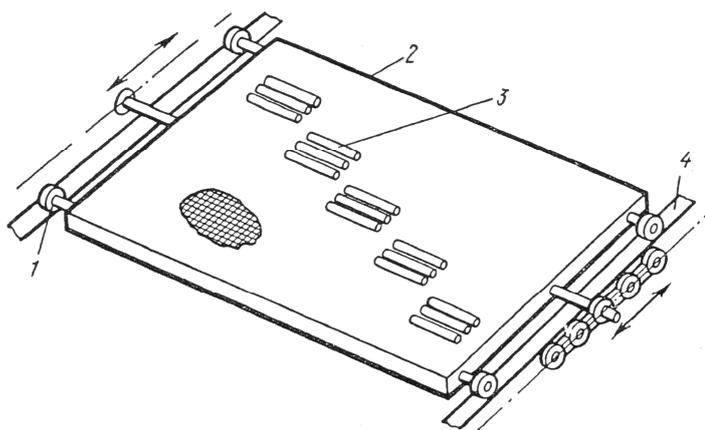
Установка «Стендикс» 27 предназначена для приема выпрессовываемой пряди сырых изделий, резки ее на 10 частей и перекладки на сушильные рамки 21. Она состоит из следующих узлов: двух транспортеров для подачи макаронных изделий на рольганг 25, механизма для резки прядей макарон, измельчителя сырых обрезков, специального вентилятора 26 и пневматического перекладчика 23 изделий. В специальный вентилятор подаются измельченные обрезки изделий, они дробятся на более мелкие фракции и пневмотранспортом направляются в тестосмеситель пресси. Пневматический перекладчик

совершает возвратно-поступательное движение по специальным направляющим и переносит нарезанные на рольганге изделия на сушильные рамки 21, которые перемещаются цепным транспортером в предварительную сушилку 8.

Предварительная сушилка «Транслакс» представляет собой многоярусный цепной конвейер, на котором через определенный интервал закреплены сушильные рамки. Каркас сушилки закрыт теплоизоляционными плитами.

Нижний ярус конвейера изолирован от основной сушилки перекрытием, в нем за счет установки дополнительных калориферов поддерживается высокая температура сушильного воздуха (до 85 °С), что позволяет на данном этапе создать «жесткий» режим и в течение 90 с удалить до 3 % влаги из изделий. В верхней зоне предварительной сушилки за 20 – 40 минут удаляется от 10 % до 12 % влаги.

Сушильная рамка 2 (рисунок 5.3) имеет жесткий металлический каркас, обтянутый стальной нержавеющей сеткой. На боковых сторонах рамки, по краям, имеются ролики 1, с помощью которых рамки передвигаются по специальным направляющим 4. На рамках рядами разложены трубчатые макароны 3, которые обдуваются снаружи воздушным потоком.



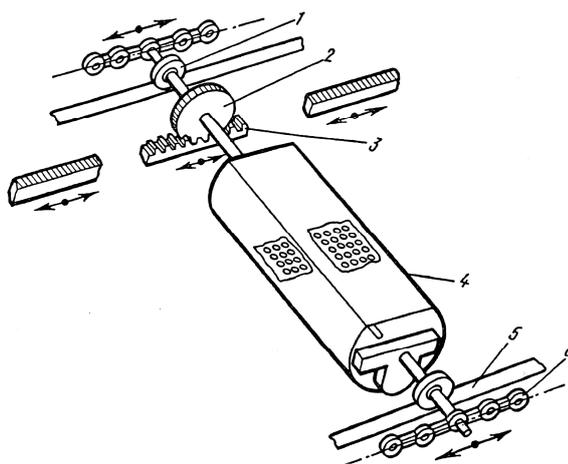
1 – ролики; 2 – сушильная рамка; 3 – макароны; 4 - направляющие

Рисунок 5.3 – Сушильная рамка

Конвективные потоки воздуха практически не проникают в узкое отверстие макарон, поэтому подсушивается в основном только верхняя часть их наружной поверхности, над которой проходит сушильный воздух. Из отверстий трубочек макарон влага почти не удаляется, в результате после предварительной сушки на рамках изделия заметно искривлены.

Задача следующего этапа сушки – путем применения мягких режимов выровнять напряженное состояние продукта и обеспечить получение прямых макаронных изделий. Это обеспечивается во второй окончательной сушилке «Ролинокс».

Макаронные изделия с помощью механизма «Трансферт», расположенного между предварительной и окончательной сушилками, переключаются с рамок в цилиндрические кассеты (рисунок 5.4).



1 - подшипник качения; 2 – шестерня; 3 – рейки; 4 – перфорированный цилиндр; 5 – направляющие; 6 – цепной транспортер

Рисунок 5.4 – Цилиндрическая кассета

Цилиндрическая кассета представляет собой металлический перфорированный цилиндр 4, разделенный поперечными перегородками на

десять одинаковых секций длиной по 270 мм. Внутренняя поверхность кассеты гладкая, покрыта пищевой эмалью. Это уменьшает трение изделий о стенки кассет. С торцевых сторон кассеты закреплены оси, на которые с одной стороны насажены шестерня 2 и подшипник качения 1, с другой стороны – только подшипник. Концы осей кассеты вставлены в звенья бесконечного цепного транспортера 6, который сообщает кассете поступательное движение, при этом подшипники катятся по направляющим 5, расположенным по обе стороны кассеты. Кассета имеет одну общую крышку, которая автоматически открывается и закрывается в зонах загрузки и выгрузки.

Прямая форма изделий получается в результате сложного движения цилиндрических кассет: поступательного с одновременным качением относительно оси. Качение осуществляется с помощью вибраторов и реек 3, которые входят в зацепление с шестернями кассет. Сушка осуществляется при температуре от 65 °С до 70 °С и относительной влажности воздуха 58 %. Изделия высыхают до влажности 15,5 %. Они находятся в верхней зоне 1,5 – 3 часа.

Прямая форма изделий и плотность их укладки позволяют увеличить объем загружаемого продукта в кассеты нижней зоны. В результате при перегрузке в одну цилиндрическую кассету нижней зоны поступают изделия из двух кассет верхней зоны.

В средней зоне при температуре 55 °С и относительной влажности воздуха 70 % изделия высыхают до стандартной влажности за 4 – 8 часов. В нижней зоне – зоне стабилизации, изделия находятся около 1 часа. Далее изделия перемещаются в накопитель. На выходе из накопителя установлена цепная карусель, на которой размещено 50 приемных ковшей. Из ковшей изделия подаются к фасовочно-упаковочной линии.

Преимуществами линии сушки изделий в цилиндрических кассетах фирмы «Бассано» по сравнению с линиями, где сушка изделий производится на бастунах, являются:

- отсутствие отходов сухих макаронных изделий и расходов на их переработку или реализацию по сниженной цене;
- абсолютная прямизна изделий, обеспечивающая бесперебойную автоматическую их фасовку;
- возможность изготовления длинных изделий из продуктов переработки мягкой высокостекловидной пшеницы и даже из хлебопекарной муки;
- меньшее влияние на качество изделий изменений параметров сушильного воздуха;
- выработка макарон больших диаметров, а также изделий из муки с пониженным содержанием клейковины.

### **5.3 Вопросы для самоконтроля**

1 Какой режим сушки длинных макаронных изделий используется на отечественных линиях Б6 – ЛМВ, Б6 – ЛМГ?

2 Преимущества автоматизированных линий по производству длинных макаронных изделий фирмы «Бассано», по сравнению с линиями марок Б6 – ЛМБ, Б6 – ЛМВ и фирмы «Брайбанти» по производству подобных изделий?

3 Назначение накопителя-стабилизатора?

4 Чем отличается сушка длинных макаронных изделий на линиях фирмы «Брайбанти» от их сушки на линиях фирмы «Паван»?

5 Какие автоматизированные поточные линии применяют на предприятиях для производства длинных макаронных изделий с подвесной сушкой? Какое технологическое оборудование входит в их состав?

6 Какое технологическое оборудование входит в состав линии «Бассано» и каково его назначение?

## **6 Технологические расчеты**

### **6.1 Подготовка муки**

Подготовка муки к производству заключается в смешивании, просеивании, магнитной очистке и взвешивании.

Смешивание (валка) различных партий муки одного и того же сорта осуществляется для улучшения какого-либо показателя качества одной партии за счет другой, у которой этот показатель выше.

Смешивать разные сорта мучных продуктов нецелесообразно, так как трудно добиться при смешивании равномерного распределения частиц одного мучного продукта в массе частиц муки другого сорта. Кроме того, частицы мучного продукта из твердых сортов пшениц обычно крупнее, чем продукты помола мягких сортов пшениц; поэтому увлажнение и связывание мучных частиц в такой смеси протекает неодинаковыми темпами, что замедляет замес и ухудшает качество теста. Более однородная по своим технологическим свойствам смесь получается, если твердые и мягкие пшеницы подсортировывают в нужной пропорции на мельнице перед помолом.

При тарном способе хранения смешивание муки осуществляют поочередной засыпкой в завальную яму муки из мешков разных партий; при бестарном хранении - с помощью питателей, подающих муку из силосов в производство. Питатели регулируют так, чтобы подача муки в сборный мукопровод осуществлялась в нужном соотношении. Из мукопровода мука направляется к просеивателю.

Рецептуру смешивания составляет лаборатория на основании анализов муки. За основу принимают цвет муки, зольность, количество и качество клейковины.

Ниже, на примерах приведены варианты расчетов по подбору (соотношению) различных партий муки, с целью получения партии муки с повышенными качественными показателями.

*Пример 1* На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в первой партии 33 %, во второй 30 %. Требуется произвести смешивание муки таким образом, чтобы содержание клейковины в смеси составило 32 %.

Первый вариант. При решении этой задачи исходят из того, что количество муки каждой партии обратно пропорционально разности между ее значением клейковины и клейковины в смеси. Расчет приведен в таблице 6.1.

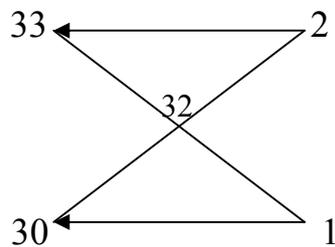
Таблица 6.1 - Результаты расчета партии муки из двух партий с разным содержанием клейковины

Наименование	Составные части		Требуемая смесь
	первая партия муки	вторая партия муки	
Клейковина, %	33,0	30,0	32
Отклонения от клейковины заданной смеси	$33-32=1$	$32-30=2$	-
Расчетное соотношение составных частей в партии муки	2	1	-
Сумма частей в заданной партии муки	$2+1=3$		

Таким образом, составляемая смесь должна содержать муки первой партии в два раза больше, чем муки второй партии.

Второй вариант. Метод диагоналей: на бумагу наносят две линии, в точке пересечения которых проставляют заданное содержание клейковины в смеси. Слева у каждого конца линии пишут величину клейковины в исходных партиях

муки. Из количества клейковины исходной партии вычитают количество клейковины смеси, а результаты записывают в конце линий справа, они показывают количество частей муки исходных партий.



Следовательно, для составления смеси, нужно взять две части муки первой партии и одну часть муки второй партии.

Третий вариант. При смешивании партий муки средневзвешенное значение клейковины рассчитывают по уравнению

$$K_{CM} = \frac{K_1 X_1 + K_2 X_2 + \dots + K_n X_n}{100}; \quad (6.1)$$

$$X_1 + X_2 + \dots + X_n = 100 \quad (6.2)$$

где  $X_1, X_2, X_3$  и т.д. – количество муки в партии с содержанием клейковины соответственно  $K_1, K_2, K_3$  и т.д.

Для вышеприведенного примера, уравнения будут иметь вид

$$32 = \frac{33X_1 + 30X_2}{100};$$

$$X_1 + X_2 = 100.$$

Решив эту систему уравнений, получим:  $X_1 = 66,6 \%$  и  $X_2 = 33,3 \%$ .

Проверка

$$\frac{33 \cdot 66,6 + 30 \cdot 33,3}{100} = 31,96 = 32 \%$$

*Пример 2* Необходимо из трех партий муки с разным содержанием клейковины: первая 32 %, вторая 26 %, третья 22 % составить партию муки с содержанием клейковины 27 %.

Для расчета применяется аналитический метод, результаты расчета приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2- Результаты расчета партии муки из трех партий с разным содержанием клейковины

Элементы расчета	Составные части		
	первая	вторая	третья
1	2	3	4
Содержание клейковины, %	32	26	22
Отклонения по содержанию клейковины от заданной партии при смешивании первой и второй составных частей, %	$32-27=5$	$27-26=1$	$27-22=5$
То же, первой и третьей составных частей, %	$32-27=5$	-	$27-22=5$

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4
Расчетное соотношение компонентов в смеси при наличии первой и второй составных частей	1	5	-
То же, при наличии первой и третьей составных частей	5	-	5
Сумма частей в заданной партии муки	6+5+5=16		

Варианты контрольных заданий по данному разделу приведены в приложении А, которые решаются одним из предлагаемых вариантов.

## 6.2 Составление и расчет производственной рецептуры макаронного теста

Рецептура макаронного теста зависит от качества муки, вида вырабатываемых изделий, способа сушки и других факторов.

В рецептуре указывают количество и температуру муки и воды, влажность и температуру теста, а при выработке изделий с добавками – дозировку добавок. Обычно количество воды и добавок указывают в расчете на 100 кг муки.

Составление и расчет рецептуры ведут в следующей последовательности:

1 Задаются влажностью теста. В зависимости от влажности различают три типа замеса:

- твердый (влажность теста 28-29 %);

- средний ( $W_T = 29,1-31 \%$ );
- мягкий ( $W_T = 31,1-32,5 \%$ ).

В зависимости от тех или иных факторов выбирают определенный тип замеса:

а) при использовании муки с низким содержанием клейковины желательно применять мягкий замес, а при липкой, тянущейся клейковине – твердый;

б) при производстве коротких изделий и макарон с использованием касетной сушки, используют твердый или средний замес (в целях предотвращения слипания изделий во время сушки);

в) при производстве длинных изделий с использованием подвесной сушки, для придания сырым изделиям большей пластичности применяют средний или мягкий замес, причем при использовании полукрупки или хлебопекарной муки влажность теста должна быть на 1-1,5% выше, чем в случае использования крупки;

г) при применении матриц с фторопластовыми вставками влажность теста выше на 1-1,5 %.

2 По заданной влажности теста и известной влажности муки (по данным лабораторных анализов), рассчитывают необходимое количество воды  $G_v$  (л) для замеса

$$G_v = G_m \frac{W_m - W_M}{100 - W_m}, \quad (6.3)$$

где  $G_m$  – дозировка муки, кг;

$W_m, W_M$  – влажность соответственно теста и муки, %.

Для быстрого определения количества воды для замеса теста на 100 кг муки можно воспользоваться таблицей Б.1.

3 Задаются температурой теста, исходя из того предположения, что после замеса (на входе в шнековую камеру) она должна быть примерно 40 °С. Такая температура обусловлена тем, что при традиционных режимах замеса и формования макаронного теста температура его перед матрицей должна быть не более 50 °С, а при прессовании в шнековой камере происходит разогрев теста в среднем на 10 °С.

По заданной температуре теста (после замеса) и измеренной температуре муки определяют температуру воды (°С) для замеса

$$t_{\text{в}} = \frac{(G_m \cdot t_m \cdot C_m - G_M \cdot t_M \cdot C_M)}{G_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}}}, \quad (6.4)$$

где  $t_{\text{в}}$  – температура воды, °С;

$G_m$  - количество теста, ( $G_M + G_B$ ), кг;

$G_M$  - количество муки, кг;

$G_{\text{в}}$  - количество воды для замеса теста, л;

$t_m$  – температура теста, °С;

$t_M$  – температура муки, °С;

$C_m$  - удельная теплоемкость теста, Дж/(кг·К), зависит от влажности теста (определяется по таблице Б.2);

$C_M$  – удельная теплоемкость муки, Дж/(кг·К), зависит от влажности муки (определяется по таблице Б.3);

$C_{\text{в}}$  - удельная теплоемкость воды, равная 4187 Дж/(кг·К).

В зависимости от температуры воды, поступающей на замес теста, различают три типа замеса:

- горячий – при температуре воды от 75 °С до 85 °С;
- теплый - при температуре воды от 50 °С до 65 °С;
- холодный - при температуре воды менее 30 °С.

На практике наиболее часто используют теплый замес.

При изготовлении макаронных изделий с добавками в рецептуре замеса теста указывается также дозировка добавок. В таблицах Б.4, Б.5 приведены перечень и нормы расхода добавок при производстве макаронных изделий. При этом, в зависимости от наличия на фабрике тех или иных видов добавок, можно вырабатывать изделия по одному из трех приведенных вариантов.

Лаборатория предприятия составляет рецептуру приготовления макаронного теста с добавками с учетом фактической влажности исходного сырья (данные, указанные в сертификате поставщика и подтвержденные анализом лаборатории предприятия).

Количество каждого компонента (муки, добавок) фактической влажности рассчитывают, исходя из того, чтобы содержание сухих веществ в компоненте фактической влажности, соответствовало содержанию сухих веществ в компоненте по рецептуре.

$$M = \frac{G_{к.св.} \cdot 100}{100 - W_{\phi}}, \quad (6.5)$$

где  $M$  - количество компонента фактической влажности, кг;

$G_{к.св.}$  – количество сухих веществ компонента по рецептуре, кг;

$W_{\phi}$  – фактическая влажность компонента, %.

Количество воды, которое потребуется для приготовления теста необходимой влажности, определяют с учетом содержания сухого вещества вносимого сырья и влажности теста. При расчете исходят из того, что масса

теста  $G_T$  представляет собой сумму массы сырья (муки, добавок)  $G_c$  и массы воды  $G_B$ , отсюда

$$G_m = G_c + G_B, \quad (6.6)$$

$$G_B = G_m - G_c. \quad (6.7)$$

Выход или массу теста после замеса определяют по формуле из пропорции:

в 100 кг теста содержится  $(100 - W_T)$  кг сухих веществ;

$G_m$  кг теста -  $G_{CB}$  кг (масса сухих веществ, содержащихся в тесте)

$$G_m = \frac{G_{CB} \cdot 100}{100 - W_m}, \quad (6.8)$$

где  $G_{CB}$  – масса сухих веществ в сырье, кг;

$W_m$  – влажность теста, %.

Отсюда

$$G_B = \frac{G_{CB} \cdot 100}{100 - W_m} - G_c, \quad (6.9)$$

Количество добавок (кг) на одну закладку в бак установки, в которой готовят водообогатительную смесь, рассчитывают по формуле

$$M_{\partial} = \frac{M \cdot V}{G_B}, \quad (6.10)$$

где  $M_{\partial}$  – количество добавок фактической влажности по рецептуре на одну закладку, кг;

$M$  – количество добавок фактической влажности по рецептуре на 100 кг муки, кг;

$V$  – количество воды, заливаемое в бак установки на одну закладку, л. Определяется конкретно для каждого предприятия с учетом объема воды и используемых добавок;

$G_{св}$  – количество воды для замеса теста с добавками, л.

Рассмотрим пример расчета рецептуры приготовления теста для макаронных изделий «Школьные» с использованием сухого молока и яичного порошка. Предположим на данном предприятии: фактическая влажность муки – 14,8 %, сухого молока – 4,0 %, сухого яичного порошка – 4,4 %, заданная влажность теста – 31 %.

Из утвержденной рецептуры на 100 кг муки базисной влажности (14,5 %) следует, что на 85,5 кг сухого вещества муки расходуется 2,88 сухого вещества молока и 3,64 кг сухого вещества яичного порошка, т.е. доля сухих веществ составляет

$$G_{св} = 85,5 + 2,88 + 3,64 = 92,02 \text{ кг.}$$

Определяем количество муки ( $M_1$ ) и добавок ( $M_2$ ,  $M_3$ ) с учетом их фактической влажности по формуле (6.5)

$$M_1 = \frac{85,5 \cdot 100}{100 - 14,8} = 100,3 \text{ кг;}$$

$$M_2 = \frac{3,64 \cdot 100}{100 - 4,4} = 3,81 \text{ кг;}$$

$$M_3 = \frac{2,88 \cdot 100}{100 - 4,0} = 3,0 \text{ кг.}$$

Масса всего количества сырья в натуре

$$G_c = 100,3 + 3,81 + 3,0 = 107,11 \text{ кг.}$$

Количество воды для замеса теста с добавками

$$G_e = \frac{92,02 \cdot 100}{100 - 31,0} - 107,11 = 26,25 \text{ л.}$$

Рецептура после пересчета может быть представлена в виде таблицы 6.3

Таблица 6.3 -Производственная рецептура

Компоненты	Рецептура на базисную влажность сырья			Рецептура в пересчете на фактическую влажность сырья		
	базисная влажность %	в натуральном выражении, кг	в сухих веществах, кг	фактическая влажность %	в натуральном выражении, кг	в сухих веществах, кг
Мука	14,5	100	85,5	14,8	100,3	85,5
Яичный порошок	6,0	3,87	3,64	4,4	3,81	3,64
Сухое молоко	4,0	3,0	2,88	4,0	3,0	2,88
Итого		106,87	92,02		107,11	92,02
Вода					26,25	

Варианты контрольных заданий приведены в приложении В.

### 6.3 Расчет расхода сырья

Нормирование расхода сырья – это установление плановой меры его потребления.

Основной задачей нормирования является обеспечение применения в производстве и планировании научно обоснованных прогрессивных норм расхода сырья в целях наиболее рационального и эффективного его использования и осуществления режима экономии.

Показателем использования сырья в макаронной промышленности является выход продукции, т.е. отношение количества израсходованного сырья (муки и добавок), приведенного к базисной влажности 14,5 %, к количеству выработанных макаронных изделий (влажностью 13,0 %) в сравнении с плановой нормой расхода, утвержденной на планируемый период.

Плановая норма расхода сырья (муки и добавок) определяется количеством сырья, приведенного к влажности 14,5 %, необходимого для выработки 1т макаронных изделий стандартной влажности 13 %. Норма расхода сырья – это максимально допустимые плановые затраты сырья на единицу продукции, которые учитывают уровень техники и технологии предприятия, организацию производства и требования, предъявляемые к качеству сырья и готовых изделий. Плановая норма расхода сырья не зависит от сорта муки и типов вырабатываемых изделий.

Норма расхода сырья на производство единицы продукции учитывается полезный расход сырья, а также отходы и потери, связанные с технологией производства.

Полезный расход сырья – это то количество сырья, которое непосредственно входит в готовые изделия, т.е. полезно использовано в процессе производства (технологические затраты).

Отходы делятся на две категории:

- возвратные отходы, пригодные к повторной переработке, к ним относятся сырые и сухие измельченные отходы, которые добавляют в тестосмеситель в количестве соответственно 15 и 10 % к массе муки;
- смет и санитарный брак, составляющие учтенные отходы.

Учтенные отходы не пригодны для повторного использования; могут быть использованы в качестве сырья для производства другого вида продукции на данном предприятии или реализовываться как кормовое средство.

Потери – это количество исходного сырья, которое безвозвратно теряется в процессе изготовления продукции.

В норму расхода сырья не включаются:

- отходы и потери, вызванные отступлением от требований стандартов и технических условий по качеству сырья;
- потери, обусловленные нарушением технологических режимов производства и неисправностью технологического оборудования;
- потери, связанные с испытанием и наладкой технологического оборудования, и другие виды расхода, несвязанные с изготовлением продукции.

В плановую норму расхода сырья (муки) входят следующие основные затраты

$$H_{м.пл.} = Z_m + Y_y + B_y, \quad (6.11)$$

где  $H_{м.пл.}$  - плановая норма расхода муки влажностью 14,5 % на 1 тонну изделий, кг;

$Z_m$  - технологические затраты муки влажностью 14,5 % на 1 тонну изделий, кг;

$У_y$  - плановый удельный расход учтенных отходов муки плановой влажностью 14,5 % на 1 т изделий, кг (предусматривается в пределах от 2 до 4 кг);

$Б_y$  - плановый удельный расход безвозвратных потерь муки плановой влажностью 14,5 % на 1 т изделий, кг (предусматривается в пределах от 1,5 до 2 кг).

Технологические затраты муки (в кг/т) определяются по формуле

$$З_m = \frac{100 - W_{пл.из.}}{100 - W_{м.пл.}} \cdot 1000, \quad (6.12)$$

где  $W_{пл.из.} = 13,0\%$  - плановая влажность изделий;

$W_{м.пл.} = 14,5\%$  - плановая влажность муки.

Количество учтенных отходов ( $У_y$ ) зависит от типа и технического состояния технологического и транспортного оборудования, правильности ведения технологического процесса, уровня механизации производства, мощности предприятия, организации рабочих мест, общей культуры производства и некоторых других факторов.

Плановый норматив учтенных отходов устанавливается путем проведения опытных работ и непосредственных замеров всех видов смета и санитарного брака по участкам технологического процесса.

Величина учтенных отходов сырья плановой влажности (в кг/т) рассчитывается по формуле

$$У_y = Q_{уч.отх.} \cdot \frac{100 - W_{уч.отх.}}{И \cdot (100 - W_{с.пл.})}, \quad (6.13)$$

где  $Q_{уч.отх.}$  – суммарное количество учтенных отходов (тестовые отходы, мучной смет, смет готовых изделий), кг;  
 $W_{уч.отх.}$  – средневзвешенная влажность учтенных отходов, %;  
 $I$  – количество изделий, при выработке которых получены отходы ( $Q_{уч.отх.}$ ), т;  
 $W_{с.пл.}$  – плановая влажность сырья (14,5 %).

К безвозвратным потерям относятся распыл сырья при его транспортировании, замесе теста, формовании и т.д., унос сырья с вентиляционным воздухом, потери при чистке матриц и прочие, которые не могут быть собраны в виде отходов.

Величина безвозвратных потерь зависит от конструктивных особенностей оборудования, вентиляционных, аспирационных, транспортных устройств, уровня механизации производства, организации теххимического контроля, частоты смены матриц.

Удельная величина безвозвратных потерь (в кг / т ) вычисляется по формуле

$$B_y = \frac{M(100 - W_M) + D(100 - W_D) - I(100 - W_{изд.}) - Q_{учт.}(100 - W_{учт.})}{I(100 - W_{с.пл.})}, \quad (6.14)$$

где  $M$  – количество переработанной муки, кг;  
 $W_M, W_D, W_{изд.}, W_{учт.}$  - средневзвешенные влажности муки, добавок, изделий, учтенных отходов, %;  
 $D$  – количество добавок, кг;  
 $I$  – количество выработанных изделий, т;  
 $Q_{учт.}$  – количество учтенных отходов, кг;  
 $W_{с.пл.}$  - плановая влажность сырья (14,5 %).

Количество переработанной муки (в кг) определяется

$$M = M_1 - (M_2 + M_3), \quad (6.15)$$

где  $M_1$  – масса принятой для переработки муки, кг;

$M_2$  – масса остатка муки, кг;

$M_3$  – масса отходов, годных к повторной переработке, приведенная к фактической средневзвешенной влажности муки, кг.

$$M_3 = \frac{Q_{отх.}(100 - W_{отх.})}{100 - W_{ф.м.}}, \quad (6.16)$$

где  $Q_{отх.}$  – масса отходов, годных к повторной переработке, кг;

$W_{отх.}$  – средневзвешенная влажность отходов, %;

$W_{ф.м.}$  – фактическая средневзвешенная влажность муки, %.

Фактический расход муки на тонну выработанных изделий определяется

$$P_{ф.м.} = \frac{M}{I_{ф.}}, \quad (6.17)$$

где  $P_{ф.м.}$  – фактический расход муки, кг/т изделий;

$I_{ф.}$  – фактическое количество выработанных изделий, т;

Фактический расход муки на тонну изделий при плановых показателях влажности муки и изделий (фактическая норма) определяется по формуле

$$H_{ф.м.} = \frac{P_{м.ф.} (100 - W_{м.ф.}) (100 - W_{изд.пл.})}{(100 - W_{м.пл.}) (100 - W_{изд.ф.})}, \quad (6.18)$$

где  $H_{ф.м.}$  – фактическая норма расхода муки (кг/т) при плановой влажности

муки. кг/т;

$P_{м.ф.}$  – фактический расход муки, кг/т;

$W_{м.ф.}, W_{изд.ф.}$  – фактическая влажность муки и изделий, %;

$W_{м.пл.}, W_{изд.пл.}$  – плановая влажность муки и изделий, %.

Максимально – допустимые нормативы отраслевых учтенных отходов и безвозвратных потерь представлены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Предельно допустимые нормы учтенных отходов и безвозвратных потерь муки (в расчете на влажность 14,5 %)

Виды потерь	Нормы потерь, кг/т
1	2
Учтенные отходы	
Выбой из мешков	0,75
Смет в мукопросеивательном отделении	0,40
Смет в формовочном отделении	0,74
Отходы в сушильном отделении	1,02
Отходы в упаковочном отделении	0,74
Расходы на анализы	0,08
Итого	3,73
Безвозвратные потери	
Отсев (сход с бурта)	0,09
Унос с вентиляцией	0,30
Потери с моечными водами	0,45

Продолжение таблицы 6.4

1	2
Отклонение в массе при упаковке	0,67
Итого	1,51

При выработке продукции с добавками или влажностью ниже 13% (в случаях, предусмотренных ГОСТ ) норма расхода сырья пересчитывается.

Для каждого вида изделий с добавками плановая норма рассчитывается отдельно.

### 6.3.1 Расход муки без добавок

При выработке макаронных изделий без добавок, когда единственным сырьем является мука, плановая норма расхода муки ( $H_{м.пл}$ ) соответствует норме расхода сырья ( $H_{с.пл}$ ), т.е.

$$H_{м.пл} = H_{с.пл} = Z_m + Y_y + B_y, \quad (6.19)$$

Если вырабатывается продукция влажностью ниже 13 %, то плановая норма расхода муки повышается за счет увеличения технологических затрат и определяется по формуле

$$H_{м.пл} = 1000 \cdot \frac{(100 - W_{изд})}{(100 - W_m)} + Y_y + B_y, \quad (6.20)$$

где  $W_{изд}$  – влажность изделий ниже 13 %.

Так, плановая норма расхода муки при выработке продукции с  $W_{изд}$  увеличивается на величину 23,39 кг

$$H_{м.пл. W_{изд}=11\%} = H_{м.пл. W_{изд}=13\%} + 23,39 \quad (6.21)$$

Для других значений влажности муки и изделий проводят пересчет плановой нормы расхода муки на плановую фактическую норму

$$H_{м.ф.} = H_{м.пл.} \cdot \frac{(100 - W_m)(100 - W_{изд.ф.})}{(100 - W_{ф.м.})(100 - W_{изд})}, \quad (6.22)$$

где  $H_{м.ф.}$  - плановая фактическая норма расхода муки, кг/т;

$H_{м.пл.}$  - плановая норма расхода муки базисной влажности 14,5 %, кг/т;

$W_{изд.ф.}$ ,  $W_{изд.}$  - фактическая и плановая влажности изделий, %;

$W_m$ ,  $W_{ф.м.}$  - плановая и фактическая влажности муки, %.

Для оперативного контроля и учета установленного планового расхода муки ( $H_{м.пл.}$ ) базисной влажности ( $W_m = 14,5\%$ ), в зависимости от фактической влажности ( $W_{ф.м.}$ ) муки, введена поправка, значения которой (кг/т) представлены в таблице Г.1.

При этом, если средневзвешенная влажность муки больше базисной влажности муки, поправки прибавляются, если меньше – вычитаются.

### 6.3.2 Расход муки с добавками и добавок

При выработке макаронных изделий с добавками, норма расхода муки снижается за счет сухих веществ, вводимых с добавками и определяется по формуле

$$H_{м.пл.}^{\partial} = \frac{H_{м.пл.}(100 - W_m)}{[(100 - W_m) + a]}, \quad (6.23)$$

где  $H_{м.пл.}^{\partial}$  - плановая норма расхода муки влажностью  $W_m = 14,5\%$  на 1 т изделий с добавками, кг;

$H_{м.пл.}$  - плановая норма расхода муки влажностью  $W_m = 14,5\%$  на 1 т изделий без добавок, кг;

$a = a_1 + a_2 + \dots + a_n$  - поправочный коэффициент на вводимые добавки, равен сумме поправочных коэффициентов на каждый вид сырья, входящего в состав добавок, и соответствует количеству сухих веществ добавок, предусмотренных рецептурой на 100 кг муки.

Поправочные коэффициенты на вводимые добавки рассчитываются по формулам

$$a_1 = 0,01 \cdot P_{н.д.}^I \cdot (100 - W_{пл.д.}^I), \quad (6.24)$$

$$a_2 = 0,01 \cdot P_{н.д.}^{II} \cdot (100 - W_{пл.д.}^{II}), \quad (6.25)$$

где  $P_{н.д.}^I, P_{н.д.}^{II}$  - нормы добавок на 100 кг муки по рецептуре, кг (см. таблица Б.5).

$W_{нл.д}^I, W_{нл.д}^II$  - плановая влажность добавок по рецептуре, на данный вид изделий, % (см. таблица Б.4).

Норма расхода добавок рецептурной влажности на 1 т изделий, кг/т

$$H_{д.нл.} = 0,01 \cdot P_{н.д.} \cdot H_{м.нл.}^{\partial}, \quad (6.26)$$

где  $H_{д.нл.}$  – плановая норма расхода добавок на 1 т изделий, кг;

$P_{н.д.}$  – норма добавок по рецептуре на 100 кг муки, кг;

$H_{м.нл.}^{\partial}$  - плановая норма расхода муки влажностью  $W_m = 14,5$  % на 1 т изделий с добавками, кг.

Если влажность добавок отлична от плановой по рецептуре, то делается пересчет на фактическую влажность добавок

$$H_{д.ф.} = \frac{H_{д.нл.} (100 - W_{нл.д.})}{100 - W_{ф.д.}}, \quad (6.27)$$

где  $H_{д.ф.}$  – норма расхода добавок на фактическую влажность, кг;

$W_{нл.д.}$  – базисная влажность добавок по рецептуре, %;

$W_{ф.д.}$  – фактическая влажность добавок, %.

Задачи, по данному разделу, приведены в приложении Д.

## 6.4 Баланс сырья

Баланс сырья составляется ежемесячно и ежеквартально плановым отделом с привлечением бухгалтерии, заведующего производством и начальника лаборатории.

Баланс сырья (мука и дополнительное сырье) складывается из:

-определения фактического расхода сырья в натуральном выражении и в пересчете на базисную влажность;

-определения общего количества выработанной продукции (сданной в экспедицию) за отчетный период, в том числе по сортам муки, видам добавок и изделий с влажностью 11 % и другим показателям, предусмотренным ГОСТ;

-расчета фактической нормы расхода сырья базисной влажности 14,5 % на 1 т готовой продукции 13 %-ной влажности;

-сопоставления полученной величины с утвержденными плановыми показателями.

Для составления баланса сырья за отчетный период необходимо иметь следующие данные:

-количество израсходованного сырья согласно ведомости, составленной бухгалтерией;

-количество сданной в экспедицию готовой продукции, подтвержденное документами учета;

-объем незавершенной продукции на всех стадиях производства на начало и конец отчетного периода;

-справку лаборатории о средневзвешенной влажности муки и добавок, поступивших за отчетный период, на основании качественных удостоверений;

- плановую норму расхода сырья на производство макаронных изделий, а также нормы, полученные расчетным путем для изделий с обогатителями влажностью 11 % и т.д.

Снятие остатков незавершенной продукции производится постоянно действующей комиссией, утвержденной приказом по предприятию. Ведомость наличия незавершенной продукции составляется на основании актов инвентаризации на 1-е число месяца, следующего за отчетным. Остаток незавершенной продукции в пересчете на муку фактической влажности исчисляется по каждому сорту отдельно.

К незавершенной продукции наряду с полуфабрикатами относятся макаронные изделия, не сданные в экспедицию, и отходы, подлежащие использованию.

Перевод в муку продукции, не сданной в экспедицию, осуществляется по формуле

$$H_1 = Q_{н.п}^1 \cdot H_{с.ф}, \quad (6.28)$$

где  $H_1$  – количество муки в незавершенной продукции, кг;

$Q_{н.п}^1$  – количество готовой продукции, не сданной в экспедицию, кг;

$H_{с.ф}$  – норма расхода сырья фактической влажности на 1 т изделий, кг.

Незавершенная продукция в виде теста в формовочном отделении, полуфабриката в сушильном отделении, не поддающаяся непосредственному взвешиванию, определяется условно по данным предварительных опытных замеров в пересчете на муку.

Перевод в муку отходов (вторичная переработка), подлежащих использованию, в формовочном и сушильном отделениях, производится умножением на коэффициент 0,8.

Баланс сырья позволяет сделать выводы о выполнении норм расхода в целом и по отдельным видам сырья за отчетный период, а также выявить причины перерасхода или экономии сырья, наметить меры к их устранению.

*Пример 1* Составить баланс сырья.

Плановая норма расхода муки (при базисной влажности 14,5 %) для выработки макаронных изделий влажностью не более 13 %:  $N_{с.пл}=1021,3$  кг/т, в том числе учтенные отходы (смет)  $U_y=2,5$  кг/т.

Предприятием выработано макаронных изделий, т:

*Без добавок:*

высшего сорта (влажностью 13 %)	2507,3
1 сорта (влажностью 13 %)	477,2
высшего сорта (влажностью не более 11 %)	55,66

*С добавками:*

Яичные с использованием меланжа	105,022
Яичные с использованием яйца	294,12
Молочные с использованием сухого молока	6,661
Школьные	15,325
Фактически выработано макаронных изделий	3461,288

За отчетный период со склада в производство поступило муки: высшего сорта – 2946667 кг средневзвешенной влажностью 14,75 %; первого сорта – 476343 кг, средневзвешенной влажностью 14,78 %.

Количество незавершенной продукции в переводе на сырье, кг:

*На 1-е число отчетного периода*

Мука пшеничная высшего сорта	107850
Мука пшеничная 1 сорта	16065

*На 1-е число месяца, следующего после отчетного периода*

Мука пшеничная высшего сорта	6750
Мука пшеничная 1 сорта	3438

С учетом незавершенной продукции, количество израсходованной муки составило:

мука в/с –  $2946667 + (107850 - 6750) = 3047767$  кг;

мука 1/с –  $476343 + (16065 - 3438) = 488970$  кг.

Остальное сырье переработано в количестве, кг:

Яйцо куриное влажностью 75 %	18435
Меланж влажностью 73,5 %	9831
Яичный порошок влажностью 8,5 %	582
Молоко сухое влажностью 7,0 %	965

*Определение плановой нормы расхода сырья при фактической влажности.* Плановая норма расхода муки  $W_m=14,5$  % при выработке изделий без добавок равна утвержденной плановой норме расхода сырья при той же влажности, т.е.

$$H_{м.пл} = H_{с.пл} = 1021,3 \text{ кг / т}$$

Для изделий высшего и 1 сортов при фактической средневзвешенной влажности муки соответственно  $W_{\phi}=14,75$  и  $14,78$  % нормы расхода муки с поправкой на фактическую влажность определяются по формуле (6.22).

для высшего сорта

$$H_{м.ф.} = \frac{1021,3 \cdot (100 - 14,5)}{100 - 14,75} = 1024,295 \text{ кг/т}$$

для 1 сорта

$$H_{м.ф.} = \frac{1021,3 \cdot (100 - 14,5)}{100 - 14,78} = 1024,656 \text{ кг/т}$$

Для изделий без добавок влажностью не более 11 % при фактической влажности муки  $W_{\phi} = 14,75$  % норма расхода муки увеличится на постоянную величину 23,39 кг, тогда

$$H_{м.ф.} = \frac{1044,69 \cdot (100 - 14,5)}{100 - 14,75} = 1047,75 \text{ кг/т}$$

Для макарон яичных с использованием меланжа плановую норму расхода муки определяют по формуле (6.23), а показатель «а» в этой формуле – по формуле (6.24).

$$H_{м.пл}^{\partial} = \frac{(100 - 14,5) \cdot 1021,3}{[(100 - 14,5) + 2,5]} = 992,286 \text{ кг/т}$$

где

$$a = 0,01 \cdot 10(100 - 75) = 2,5$$

Плановую норму расхода муки в пересчете на фактическую влажность определяют по формуле (6.22)

$$H_{м.ф.}^{\partial} = \frac{992,286 \cdot (100 - 14,5)}{100 - 14,75} = 995,196 \text{ кг/т}$$

Плановую норму расхода меланжа находят, используя формулу (6.26)

$$H_{\partial.пл.} = 0,01 \cdot 10 \cdot 992,286 = 99,23 \text{ кг/т}$$

В пересчете на фактическую влажность она составит

$$H_{\partial.ф.} = \frac{99,23 \cdot (100 - 75)}{100 - 73,5} = 93,612 \text{ кг/т}$$

Аналогично проводят расчет и для других макаронных изделий.

Так, для макарон яичных с использованием яиц плановая норма расхода муки равна

$$H_{м.пл.}^{\partial} = \frac{(100 - 14,5) \cdot 1021,3}{[(100 - 14,5) + 1,56]} = 1002,99 \text{ кг/т}$$

В пересчете на фактическую влажность

$$H_{м.ф.}^{\partial} = \frac{1002,99 \cdot (100 - 14,5)}{100 - 14,75} = 1005,93 \text{ кг/т}$$

Плановая норма расхода яиц

$$H_{\partial.пл.} = 0,01 \cdot 6,25 \cdot 1002,99 = 62,68 \text{ кг/т}$$

Из расчета в 1 кг – 40 яиц, получают  $62,68 \cdot 40 = 2507$  шт.

Фактическая влажность яиц соответствует плановой влажности по рецептуре, поэтому норма расхода яиц равна плановой.

Для макарон молочных с использованием сухого молока плановая норма расхода муки равна

$$H_{м.пл.}^{\partial} = \frac{1021,3 \cdot (100 - 14,5)}{[(100 - 14,5) + 7,68]} = 937,123 \text{ кг/т}$$

где

$$a = 0,01 \cdot 8(100 - 4) = 7,68$$

В пересчете на фактическую влажность

$$H_{м.ф.}^{\partial} = \frac{937,123 \cdot (100 - 14,5)}{100 - 14,75} = 939,871 \text{ кг/т}$$

Плановая норма расхода сухого молока равна

$$H_{\partial.пл.} = 0,01 \cdot 8 \cdot 937,123 = 74,97 \text{ кг/т}$$

В пересчете на фактическую влажность

$$H_{\partial.ф.} = \frac{74,97 \cdot (100 - 4)}{100 - 7} = 77,388 \text{ кг/т}$$

Для макарон школьных с использованием сухого молока и яичного порошка плановая норма расхода муки

$$H_{м.пл.}^{\partial} = \frac{1021,3 \cdot (100 - 14,5)}{[(100 - 14,5) + 2,88 + 3,66]} = 948,937 \text{ кг/т}$$

где

$$a_1 = 0,01 \cdot 3 \cdot (100 - 4) = 2,88$$

$$a_2 = 0,01 \cdot 4 \cdot (100 - 8,5) = 3,66$$

В пересчете на фактическую влажность

$$H_{м.ф.}^{\partial} = \frac{948,937 \cdot (100 - 14,5)}{100 - 14,75} = 951,719 \text{ кг/т}$$

Плановая норма расхода сухого молока

$$H_{\partial.пл.} = 0,01 \cdot 3 \cdot 948,937 = 28,468 \text{ кг/т}$$

В пересчете на фактическую влажность

$$H_{\partial.ф.} = \frac{28,468 \cdot (100 - 4)}{100 - 7} = 29,386 \text{ кг/т}$$

Плановая норма расхода яичного порошка равна

$$H_{\partial.пл.} = 0,01 \cdot 4 \cdot 948,937 = 37,957 \text{ кг/т}$$

В связи с тем, что фактическая влажность яичного порошка равна базисной по рецептуре, норма его расхода соответствует плановой.

*Определение плановой потребности в сырье при фактической влажности.* Плановая потребность в сырье  $P_{сф.}$  (в кг) при фактической влажности определяется как произведение нормы расхода сырья при фактической влажности ( $H_{сф.}$ ) на объем выработки макаронных изделий из данного сырья ( $P_{изд.}$ ), а именно

$$P_{с.ф.} = N_{с.ф.} \cdot P_{изд.} \quad (6.29)$$

Плановая потребность в сырье и добавках представлена в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Плановая потребность сырья

Сырье и добавки	Норма расхода сырья при фактической влажности $N_{с.ф.}$ , кг	Объем выработки макаронных изделий $P_{изд.}$ , т	Плановая потребность в сырье $P_{с.ф.}$ , кг
1	2	3	4
Мука высшего сорта для изделий без добавок			
влажностью 13 %	1024,295	2507,3	2568215
влажностью 11 %	1047,75	55,66	58318
с добавками			
яичных с яйцом	1005,93	294,12	295864
яичных с меланжем	995,196	105,022	104517
молочных с сухим молоком	939,871	6,661	6260
школьных	951,719	15,325	14585
Итого		2984,088	3047759
Мука I сорта для изделий без добавок	1024,656	477,2	488966

Продолжение таблицы 6.5

1	2	3	4
Добавки			
меланж	93,612	105,022	9831
яйца куриные	62,68	294,12	18435
молочные (сухое молоко)	77,388	6,661	515
школьные:		15,325	
яичный порошок	37,957		582
сухое молоко	29,386		450

Сравнивая фактический расход сырья с плановым, определяют его экономию или перерасход.

В данном случае перерасход по муке составил:

$$\text{для муки в/с} - 3047767 - 3047759 = 8 \text{ кг};$$

$$\text{для муки 1/с} - 488970 - 488966 = 4 \text{ кг}.$$

Результаты выполнения норм реализуемых отходов (смета):

Фактически получено 8619 кг

Количество отходов на 1т продукции  $8619/3461,288=2,49\text{кг/т}$

Плановая норма 2,5 кг/т

Следовательно, реализуемых отходов фактически получено меньше планируемой величины на 0,01 кг/т.

*Определение фактической нормы расхода сырья* Плановая норма расхода сырья на предприятии составляет 1021,3 кг/т.

Для того чтобы сделать вывод о выполнении норм расхода сырья, все сырье пересчитывается на базисные показатели влажности муки и изделий.

$$P_{с.ф.}^o = \frac{P_{с.ф.} \cdot (100 - W_{с.ф.})}{100 - W_{м.пл.}}, \quad (6.30)$$

где  $P_{с.ф.}^o$  - фактический расход сырья, пересчитанный на базисную

влажность, кг;

$P_{с.ф.}$  - расход сырья при фактической влажности, кг;

$W_{с.ф.}$ ,  $W_{м.пл.}$  - влажность сырья фактическая и базисная влажность муки, %.

Результаты пересчета количества израсходованного сырья на базисную влажность, представлены в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Фактический расход сырья, приведенный к базисной влажности

Сырье и добавки	Средне- взвешенная фактическая влажность сырья $W_{с.ф.}$ , %	Фактический расход сырья $P_{с.ф.}$ , кг	Базисная влажность сырья $W_m$ , %	Расход сырья, приведенный к базисной влажности, $P_{с.ф.}^o$ , кг
1	2	3	4	5
Мука				
высшего сорта	14,75	3047767	14,5	3038855
высшего сорта с поправкой	-	-	-	3037553

Продолжение таблицы 6.6

1	2	3	4	5
I сорта	14,78	488970	14,5	487369
Яйца куриные	75	18435	14,5	5390
Меланж	73,5	9831	14,5	3047
Яичный порошок	8,5	582	14,5	619
Сухое молоко	7	965	14,5	1050
Итого	-	-	-	$P_{с.ф.}^0 = 3535028$

При выработке продукции влажностью ниже 13 % (для районов Крайнего Севера и др.) для определения расхода сырья вводится поправка на дополнительные затраты сырья, возникающие в связи с разницей во влажности, которые определяют по формуле

$$O = (H_{м.пл. W_{изд.} = 11\%} - H_{м.пл. W_{изд.} = 13\%}) \cdot I_{изд.} = 23,39 \cdot I_{изд.}$$

где  $O$  – поправка при определении расхода сырья при выработке изделий влажностью ниже 13 %, кг;

$I_{изд.}$  – количество продукции влажностью  $W_{изд.} = 11\%$ , кг.

Поправку необходимо вычесть из количества израсходованной муки влажностью 14,5 %. В данном примере эта поправка вычитается из количества муки высшего сорта, пересчитанного на базисную влажность:

$$3038855 - (23,39 \cdot 55,66) = 3037553 \text{ кг.}$$

Фактическая норма расхода сырья на 1 тонну изделий для данного случая составит:

$$H_{с.ф.} = \frac{P_{с.ф.}^0}{I_{ф.}}, \quad (6.31)$$

где  $I_{ф.}$  – фактическая выработка предприятием макаронных изделий, т (см. исходные данные).

$$H_{с.ф.} = \frac{3535028}{3461,288} = 1021,304 \text{ кг/т},$$

Таким образом, в целом перерасход сырья составит

$$1021,304 - 1021,3 = 0,004 \text{ кг/т}$$

На весь выпуск продукции

$$0,004 \cdot 3461,28,8 = 13,845 \text{ кг}$$

Задачи, по данному разделу, представлены в приложении Д.

## 7 Литература, рекомендуемая для изучения

- 1 Медведев, Г.М. Технология макаронного производства: учебник для вузов / Г. М. Медведев. – М.: Колос, 1999. - 272 с.
- 2 Медведев, Г.М. Технология макаронных изделий: учебник для вузов / Г. М. Медведев. - СПб.: ГИОРД, 2005. - 312 с.
- 3 Чернов, М.Е. Макаaronное производство / М.Е. Чернов. – М.: Мир, 1994. – 208 с.
- 4 Буров, Л.А. Проектирование макаронных фабрик / Л.А. Буров. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 287 с.
- 5 Чернов, М.Е. Справочник по макаронному производству / М.Е. Чернов, Г.М. Медведев, В.П. Негруб. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 304 с.
- 6 Творогова, Н.Н. Физико-химические основы производства макаронных изделий: учебно-практическое пособие / Н.Н. Творогова. – М.: МГУТУ им. К.Г. Разумовского, 2004. – 32 с. – Режим доступа: [www.twirpx.com/file/1322014](http://www.twirpx.com/file/1322014)
- 7 Вандакурова, Н.И. Технологическое проектирование макаронных предприятий: учебное пособие / Н.И. Вандакурова; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2005. – 88 с. – Режим доступа: [www.twirpx.com/file/224100](http://www.twirpx.com/file/224100)
- 8 Технологическое оборудование хлебопекарных и макаронных предприятий / Б.М. Азаров [и др]; под ред. С.А. Мачихина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 263 с.
- 9 Челнокова, Е. Я. Технология макаронного производства: метод. указания к практ. занятиям / Е. Я. Челнокова, В. П. Попов, Т. А. Бахитов. – Оренбург: ОГУ, 2005. - 68 с.
- 10 Сборник технологических инструкций по производству макаронных изделий. – М.: АгроНИИТЭИММП, 1991. – 131 с.

11 Рензьяев, О.П. Технологическое оборудование предприятий макаронной промышленности: учебное пособие. Часть 2 / О.П. Рензьяев; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2004. – 136 с. – Режим доступа: [ifreestore.net/4260](http://ifreestore.net/4260).

12 Медведев, П.В. Новые методы оценки технологических свойств зерна пшеницы с использованием информационных технологий / П.В. Медведев, В. А. Федотов, И. А. Бочкарева // Хлебопродукты. - 2017. - № 1. - С. 60 – 63.

13 Федотов, В.А. Совершенствование оценки качества макаронных изделий / В.А. Федотов, Т.А. Бахитов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. - № 2 (56). – С. 94 – 96.

14 Федотов, В.А. Информационные технологии для оценки качества зернопродуктов / В. А. Федотов // Успехи современной науки и образования. – 2016. - № 10. – С. 96 - 99.

## 8 Термины

*Адгезия* – это энергия молекулярной связи между поверхностями двух соприкасаемых фаз; сцепление разнородных тел.

*Адсорбционно-связанная влага* – жидкость, удерживаемая внешней и внутренней поверхностями мицелл (частиц), которые представляют собой отдельные свернутые цепочки молекул белка и крахмала или их группы (конгломераты).

*Альбумины* – белки, растворимые в воде.

*Аксиальное движение частиц теста в шнековой камере прессы* – полезное усилие, обеспечивающее перемещение теста к матрице.

*Белки* – высокомолекулярные вещества, первичная структура которых образована полипептидными цепочками, построенными из различных аминокислот и соединенных между собой пептидными связями.

*Высокотемпературный режим замеса (ВТРЗ) теста*: температура замеса 60 °С, температура формования не более 65 °С.

*Высокотемпературный режим (ВТ) сушки макаронных изделий*: температура сушильного воздуха достигает от 70 °С до 90 °С.

*Высокотемпературный режим формования (ВТРФ) теста*: температура замеса 40 °С, температура матрицы с тефлоновыми вставками от 75 °С до 85 °С, без вставок – от 110 °С до 120 °С.

*Вязкость теста* – мера сопротивления его текучести и определяется величиной сил сцепления его частиц между собой.

*Глобулины* – белки, растворимые в водных растворах различных солей.

*Жесткость воды* – показатель, зависящий от содержания в воде кальция и магния.

*Каротиноиды* – вещества пшеничной муки, окрашенные в желтый или оранжевый цвет: ксантофилл, эфиры ксантофилла и каротин.

*Когезия* – это энергия связи между молекулами внутри тела в пределах одной фазы; сцепление друг с другом частей одного и того же тела.

*Конвективный способ сушки* – сушка материала (сырые макаронные изделия, полуфабрикаты) нагретым сушильным воздухом.

*Концентрационная диффузия* – перемещение влаги под влиянием градиента влажности.

*Клейстеризация крахмала* – процесс необратимого разрушения природной нативной структуры в процессе нагревания при избытке влаги.

*Крахмал* – высокомолекулярный полимер, состоящий из полисахаридов двух типов: амилозы и амилопектина.

*Макаронные свойства муки* – определяются количеством клейковины, содержанием каротиноидных пигментов, содержанием темных вкраплений и крупнотой помола.

*Низкотемпературные режимы замеса (НТРЗ) и формования (НТРФ) теста:* температура замеса в пределах от 35 °С до 40 °С, температура формования – от 50 °С до 55 °С.

*Низкотемпературный режим (НТ) сушки макаронных изделий:* температура сушильного воздуха не превышает 60 °С.

*Осмотически связанная влага* – это влага, проникающая внутрь мицелл путем избирательной диффузии (осмос).

*Осмос* – процесс односторонней диффузии растворителя (переходит через полупроницаемую мембрану молекул) в сторону с меньшей его концентрацией

*Период релаксации* – время, в течение которого рассасывается, гасятся внутренние напряжения в тесте.

*Пластификация теста* – это его пластичность, текучесть.

*Пластичность макаронного теста* – способность к формоизменению и течению при напряжениях выше критического, проявляется при значительных по величине нагрузках и длительном их воздействии (при формовании теста).

*Проламины* – белки, растворимые в 60 – 80 % - ном растворе этанола.

*Сверхвысокотемпературный (СВТ) режим сушки макаронных изделий:* температура сушильного воздуха превышает 90 °С.

*Стабилизация макаронных изделий* – окончательное выравнивание влажности по всей толще изделий.

*Сушильная способность воздуха* – количество влаги, которое может поглотить 1 кг воздуха до полного его насыщения.

*Сырая клейковина муки* – комплекс нерастворимых белковых веществ муки, способных при набухании в воде образовывать эластичную массу.

*Тангенциальное движение частиц теста в шнековой камере прессы* – отрицательное усилие, которое стремится не перемещать тесто, а проворачивать его.

*Теплообмен* – процесс распространения тепла от более нагретого к менее нагретому объекту.

*Термическая диффузия* – перемещение влаги под влиянием градиента температуры.

*Турбулентное движение потока* – это состояние потока, при котором характеризующие его величины испытывают случайные изменения во времени и пространстве.

*Упругость макаронного теста* – свойство восстанавливать первоначальную форму при мгновенном снятии приложений нагрузки, проявляется при малых и кратковременных нагрузках.

## Приложение А

(обязательное)

### Варианты контрольных заданий по разделу 6.1.

#### Вариант 1

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 36 %, во 2-ой партии 29 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 4 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 30 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5 %. Влажность 1-ой партии 15,5 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 160 кг 1-ой партии и 180 кг 2-ой партии.

3 Имеются три партии муки: 1-ая массой 5 т с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 30 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 5 т с зольностью 0,9 %. Определить зольность смеси трех партий.

#### Вариант 2

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 37 %, во 2-ой партии 28 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 4 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 30 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5%. Влажность 1-ой партии 15,9 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 280 кг 1-ой партии и 220 кг 2-ой партии.

3 Имеются три партии муки: 1-ая массой 80 т с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 3 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 3 т с зольностью 0,9 %. Определить зольность смеси трех партий.

### Вариант 3

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 34 %, во 2-ой партии 29 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 1,5 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 32 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5 %. Влажность 1-ой партии, 13,7 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 700 кг 1-ой партии и 660 кг 2-ой партии.

3 Имеются три партии муки: 1-ая массой 3 т с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 11 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 20 т с зольностью 0,9 %. Определить зольность смеси трех партий.

### Вариант 4

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 37 %, во 2-ой партии 26 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 3 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 30 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5 %. Влажность 1-ой партии 15,8 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 220 кг 1-ой партии и 190 кг 2-ой партии.

3 Имеются три партии муки: 1-ая массой 5 т с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 10 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 5 т с зольностью 0,9 %. Определить зольность смеси трех партий.

#### Вариант 5

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 37 %, во 2-ой партии 25 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 4 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 30 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5 %. Влажность 1-ой партии 15,7 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 210 кг 1-ой партии и 180 кг 2-ой партии.

3 Имеются три партии муки: 1-ая массой 5т. с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 15 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 5 т с зольностью 0,9 %. Определить зольность смеси трех партий.

#### Вариант 6

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 37 %, во 2-ой партии 27 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 4 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 30 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5 %. Влажность 1-ой партии 15,9 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 250 кг 1-ой партии и 200 кг 2-ой партии.

3. Имеются три партии муки: 1-ая массой 100 т с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 2 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 2 т с зольностью 0,9 %. Определить зольность смеси трех партий.

### Вариант 7

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 37 %, во 2-ой партии 24 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 4 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 30 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5 %. Влажность 1-ой партии 15,6 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 170 кг 1-ой партии и 200 кг 2-ой партии.

3 Имеются три партии муки: 1-ая массой 5 т с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 20 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 5 т с зольностью 0,9 %. Определить зольность смеси трех партий.

### Вариант 8

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 34 %, во 2-ой партии 31 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 2 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 32 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5 %. Влажность 1-ой партии 13,8 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 550 кг 1-ой партии и 600 кг 2-ой партии.

3 Имеются три партии муки: 1-ая массой 10 т с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 5 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 5 т с зольностью 0,9 %. Определить зольность смеси трех партий

#### Вариант 9

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 33 %, во 2-ой партии 26 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 3 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 32 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5 %. Влажность 1-ой партии 16 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 350 кг 1-ой партии и 300 кг 2-ой партии.

3 Имеются три партии муки: 1-ая массой 55 т с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 4 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 4 т с зольностью 0,9%. Определить зольность смеси трех партий.

#### Вариант 10

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 35 %, во 2-ой партии 31 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 1,5 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 32 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5 %. Влажность 1-ой партии 13,6 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 850 кг 1-ой партии и 900 кг 2-ой партии.

3 Имеются три партии муки: 1-ая массой 3 т с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 3 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 4 т с зольностью 0,9 %. Определить зольность смеси трех партий.

#### Вариант 11

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 37 %, во 2-ой партии 29 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 4 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 30 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5 %. Влажность 1-ой партии 16,9 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 300 кг 1-ой партии и 250 кг 2-ой партии.

3 Имеются три партии муки: 1-ая массой 65 т с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 4 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 4 т с зольностью 0,9 %. Определить зольность смеси трех партий.

#### Вариант 12

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 35 %, во 2-ой партии 30 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 1,5 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 32 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5 %. Влажность 1-ой партии 13,5 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 800 кг 1-ой партии и 700 кг 2-ой партии.

3

Имеются три партии муки: 1-ая массой 5 т с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 6 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 7 т с зольностью 0,9 %. Определить зольность смеси трех партий.

### Вариант 13

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 34 %, во 2-ой партии 30 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 4 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 32 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5 %. Влажность 1-ой партии 13,9 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 650 кг 1-ой партии и 500 кг 2-ой партии.

3 Имеются три партии муки: 1-ая массой 3 т с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 3 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 20 т с зольностью 0,9 %. Определить зольность смеси трех партий.

### Вариант 14

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 33 %, во 2-ой партии 28 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 3 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 32 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5 %. Влажность 1-ой партии 13,1 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 450 кг 1-ой партии и 400 кг 2-ой партии.

3 Имеются три партии муки: 1-ая массой 35 т с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 5 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 5 т с зольностью 0,9 %. Определить зольность смеси трех партий.

### Вариант 15

1 На фабрику поступили две партии муки, количество сырой клейковины в 1-ой партии 33 %, во 2-ой партии 27 %. Сколько муки 2-ой партии потребуется на 3 кг муки 1-ой партии, чтобы содержание клейковины в смеси составило 32 %.

2 Влажность смеси двух партий крупки твердой пшеницы 14,5 %. Влажность 1-ой партии 13 %. Какова влажность 2-ой партии, если при смешивании было взято 400 кг 1-ой партии и 350 кг 2-ой партии.

3 Имеются три партии муки: 1-ая массой 45 т с зольностью 0,7 %, 2-ая массой 5 т с зольностью 0,8 %, 3-я массой 5 т с зольностью 0,9 %. Определить зольность смеси трех партий.

## Приложение Б

(справочное)

Таблица Б.1 - Определение количества воды (в л) для замеса теста на 100 кг муки

Влажность муки, %	Влажность теста, %								
	29,0	29,5	30,0	30,5	31,0	31,5	32,0	32,5	33,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11,0	25,4	26,2	27,1	28,1	29,0	29,9	30,9	31,8	32,8
11,1	25,2	26,1	27,0	27,9	28,8	29,8	30,7	31,7	32,7
11,2	25,1	26,0	26,9	27,8	28,7	29,6	30,6	31,6	32,5
11,3	24,9	25,8	26,7	27,6	28,6	29,5	30,4	31,4	32,4
11,4	24,8	25,7	26,6	27,5	28,4	29,3	30,3	31,3	32,2
11,5	24,6	25,5	26,4	27,3	28,3	29,2	30,2	31,1	32,1
11,6	24,5	25,4	26,3	27,2	28,1	29,0	30,0	31,0	31,9
11,7	24,4	25,2	26,1	27,0	28,0	28,9	29,9	30,8	31,8
11,8	24,2	25,1	26,0	26,9	27,8	28,8	29,7	30,7	31,6
11,9	24,1	25,0	25,8	26,8	27,7	28,6	29,6	30,5	31,5
12,0	23,9	24,8	25,7	26,6	27,5	28,5	29,4	30,4	31,3
12,1	23,8	24,7	25,6	26,5	27,4	28,3	29,3	30,2	31,2
12,2	23,7	24,5	25,4	26,3	27,2	28,2	29,1	30,1	31,0
12,3	23,5	24,4	25,3	26,2	27,1	28,0	29,0	29,9	30,9
12,4	23,4	24,2	25,1	26,0	27,0	27,9	28,8	29,8	30,8
12,5	23,2	24,1	25,0	25,9	26,8	27,7	28,7	29,6	30,6
12,6	23,1	24,0	24,9	25,7	26,7	27,6	28,5	29,4	30,5
12,7	23,0	23,8	24,7	25,6	26,5	27,4	28,4	29,3	30,3
12,8	22,8	23,7	24,6	25,4	26,4	27,3	28,2	29,2	30,2

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12,9	22,7	23,5	24,4	25,3	26,2	27,2	28,1	29,0	30,0
13,0	22,5	23,4	24,3	25,2	26,1	27,0	27,9	28,9	29,9
13,1	22,4	23,3	24,1	25,0	25,9	26,9	27,8	28,7	29,7
13,2	22,2	23,1	24,0	24,9	25,8	26,7	27,6	28,6	29,6
13,3	22,1	23,0	23,8	24,7	25,6	26,6	27,5	28,4	29,4
13,4	22,0	22,8	23,7	24,6	25,5	26,4	27,4	28,3	29,3
13,5	21,8	22,7	23,6	24,5	25,4	26,3	27,2	28,1	29,1
13,6	21,7	22,6	23,4	24,3	25,2	26,1	27,1	28,0	29,0
13,7	21,5	22,4	23,3	24,2	25,1	26,0	26,9	27,8	28,8
13,8	21,4	22,3	23,1	24,0	24,9	25,8	26,8	27,7	28,7
13,9	21,3	22,1	23,0	23,9	24,8	25,7	26,6	27,6	28,5
14,0	21,1	22,0	22,9	23,7	24,6	25,5	26,5	27,4	28,4
14,1	21,0	21,8	22,7	23,6	24,5	25,4	26,3	27,3	28,2
14,2	20,8	21,7	22,6	23,4	24,3	25,2	26,2	27,1	28,1
14,3	20,7	21,6	22,4	23,3	24,2	25,1	26,0	27,0	27,9
14,4	20,6	21,4	22,3	23,2	24,1	25,0	25,9	26,8	27,8
14,5	20,4	21,3	22,1	23,0	23,9	24,8	25,7	26,7	27,6
14,6	20,3	21,1	22,0	22,9	23,8	24,7	25,6	26,5	27,5
14,7	20,1	21,0	21,9	22,7	23,6	24,5	25,4	26,4	27,3
14,8	20,0	20,8	21,7	22,6	23,5	24,3	25,3	26,2	27,2
14,9	19,9	20,7	21,6	22,4	23,3	24,2	25,1	26,1	27,0
15,0	19,7	20,6	21,4	22,3	23,2	24,1	25,0	25,9	26,9
15,1	19,6	20,4	21,3	22,2	23,0	23,9	24,8	25,8	26,7
15,2	19,4	20,3	21,1	22,0	22,9	23,8	24,7	25,6	26,6
15,3	19,3	20,1	21,0	21,9	22,8	23,6	24,6	25,5	26,4
15,4	19,2	20,0	20,9	21,7	22,6	23,5	24,4	25,3	26,3

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15,5	19,0	19,9	20,7	21,6	22,5	23,4	24,3	25,2	26,1
15,6	18,9	19,7	20,6	21,4	22,3	23,2	24,1	25,0	26,0
15,7	18,7	19,6	20,4	21,3	22,2	23,1	24,0	24,9	25,8
15,8	18,6	19,4	20,3	21,2	22,0	22,9	23,8	24,7	25,7
15,9	18,4	19,3	20,1	21,0	21,9	22,8	23,7	24,6	25,5

Таблица Б.2 – Удельная теплоемкость макаронного теста в зависимости от его влажности

Влажность теста, %	Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)	Влажность теста, %	Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)
28,0	2365	30,5	2428
28,5	2378	31,0	2440
29,0	2390	31,5	2453
29,5	2403	32,0	2466
30,0	2415	32,5	2478

Таблица Б.3 – Удельная теплоемкость муки в зависимости от ее влажности

Влажность муки, %	Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)	Влажность муки, %	Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)
0	1662	13,5	2501
11,0	1938	14,0	2013
11,5	1951	14,5	2026
12,0	1963	15,0	2038
12,5	1976	15,5	2051
13,0	1988	16,0	2064

Таблица Б.4- Перечень добавок, используемых в качестве обогатителей макаронных изделий

Наименование добавок	ГОСТ, ТУ, РТУ, ОСТ и т.д.	Влажность, % не более
1	2	3
1 Яйца куриные пищевые		75,0
2 Продукты яичные мороженные	ТУ 10.02.01.70-88	75,0
3 Яичный порошок	ГОСТ 30363-2013	не более 8,5 не менее 4,0
4 Концентрат сывороточно-яичный	ТУ 10-02-02-3-86	6,0
5 Белок яичный сухой	ОСТ 49 181-81	9,0
Желток яичный сухой		5,0
6 Молоко коровье цельное сухое	ГОСТ 33629-2015	4,0
7 Молоко коровье сухое обезжиренное		5,0
8 Творог	РСТ РСФСР 371-89	18 % жирности - 65 9 % жирности - 73 нежирный - 80
9 Сыворотка молочная сухая	ТУ 49-800-81	Массовая доля сухих веществ не менее 95
10 Казеиты пищевые (белковая добавка)	ТУ 49-740-80	6,0
11 Белок сухой молочный	ТУ 49-176-81	6,0
12 Сухая белковая смесь	ТУ 10-02-01-53-88	8,0
13 Порошок из томато-продуктов		7,5

Продолжение таблицы Б.4

1	2	3
13 Продукты томатные концентрированные	ГОСТР 54678-2011	Массовая доля сухих веществ по рефрактометру %: томат-пюре 12,0; 15,0; 20,0. томатная паста 25, 30, 35, 40
14 Консервы. Пюре из шпината, щавеля и смеси шпината и щавеля	ОСТ 10-78-87	Массовая доля сухих веществ по рефрактометру не менее 6,0
15 Консервы. Соки и напитки овощные:  морковный сок свекольный сок	ТУ 10.03.809-89	Массовая доля сухих веществ по рефрактометру, % не менее  8,0 10,0
16 Смесь из витаминов В <sub>1</sub> , В <sub>2</sub> , РР	ТУ 64-5-97-87	1,0
17 Крахмал кукурузный	ГОСТ Р 51985-2002	13,0
18 Крахмал кукурузный набухающий пищевой	ТУ 10 РСФСР 135-87	14,0
19 Крахмал экструзионный	ТУ 18-8-55-85	14,0
20 Соль поваренная	ГОСТ Р 51574-2000	5,0
21 Глицерофосфат кальция		10,0
22 Глицерофосфат железа		10,0

Таблица Б.5 - Нормы расхода добавок в макаронные изделия на 100 кг  
муки базисной влажности 14.5%

Изделия и добавки	Варианты		
	I	II	III
1	2	3	4
<b>Яичные</b>			
Яйцо куриное, шт. (в 1 кг- 40шт. яиц)	250	-	-
Меланж, кг	-	10	-
Порошок яичный, кг	-	-	2,75
<b>С увеличенным содержанием яичных обогатителей</b>			
Яйцо куриное, шт.	380	-	-
Меланж, кг	-	15,2	-
Порошок яичный, кг	-	-	4,18
<b>С овощными добавками</b>			
Паста томатная, кг	10	-	-
Порошок из томатопродуктов, кг	-	3,25	-
Пюре из шпината (щавеля), кг	27	-	-
Сок морковный (свекольный), кг	28	-	-
<b>Молочные</b>			
Молоко сухое цельное, кг	8	-	-
Молоко сухое обезжиренное, кг	-	8	-
Творог нежирный, кг	-	-	24
Сухая молочная сыворотка	-	-	5
<b>Витаминизированные</b>			
Витамин В <sub>1</sub> , г	4	-	-
Витамин В <sub>2</sub> , г	-	4	-
Витамин РР, г	-	-	20

Продолжение таблицы Б.5

1	2	3	4
Смесь витаминов В <sub>1</sub> , В <sub>2</sub> , РР для витаминизации муки	4,2	-	-
«Детское питание»			
Яйцо куриное, шт.	380	-	-
Меланж, кг	-	15,2	-
Порошок яичный, кг	-	-	4,18
Молоко сухое цельное, кг	3,5	3,5	3,5
«Школьные»			
Яйцо куриное, шт.	364	-	-
Меланж, кг	-	14,6	-
Порошок яичный, кг	-	-	4,0
Молоко сухое цельное, кг	3,0	3,0	3,0
«Артек»			
Яйцо куриное, шт.	380	-	-
Меланж, кг	-	15,2	-
Порошок яичный, кг	-	-	4,18
Творог нежирный, кг	12,0	12,0	12,0
«Здоровье»			
Казецит, кг	5,0	-	-
Глицерофосфат железа, г	15,0	-	-
Витамин В <sub>1</sub> , г	0,54	-	-
Витамин В <sub>2</sub> , г	0,54	-	-
Витамин РР, г	5,4	-	-
Безбелковые для детского и диетического питания			
Крахмал кукурузный (вместо муки), кг	100	100	-
Крахмал кукурузный набухающий амилопектиновый фосфатный, кг	18	18	-

Продолжение таблицы Б.5

1	2	3	4
Глицерофосфат кальция, кг	2,4	6	-
Глицерофосфат железа, г	-	26	-
Витамин В <sub>1</sub> , г	-	2,4	-
Витамин В <sub>2</sub> , г	-	2,4	-
Витамин В <sub>6</sub> , г	-	2,0	-
Витамин РР, г	-	24,0	-
Яично-сывороточные			
Сывороточно-яичный концентрат	5,5	-	-
«Украинские» и «Киевские»			
Смесь белковая сухая	3,37	-	2,25

П р и м е ч а н и е - В зависимости от наличия на фабрике тех или иных видов добавок, можно вырабатывать изделия по одному из трех вариантов.

## **Приложение В**

### **(обязательное)**

#### **Варианты контрольных заданий по разделу 6.2.**

##### **Вариант 1**

Рассчитать рецептуру для яичных макаронных изделий, если влажность: муки – 13,2 %; теста – 31,5 %, меланжа – 80 %.

##### **Вариант 2**

Рассчитать рецептуру макаронных изделий с увеличенным содержанием яичных обогатителей, если влажность: муки – 13,0 %, теста – 32 %, яиц – 78 %.

##### **Вариант 3**

Рассчитать рецептуру яичных макаронных изделий, если влажность: муки – 14,0 %; теста – 31,8 %; яичного порошка – 8 %.

##### **Вариант 4**

Рассчитать рецептуру на макаронные изделия яично-сывороточные, если влажность: муки – 13,7 %; теста – 30 %; сывороточно-яичного концентрата – 5,8 %.

### Вариант 5

Рассчитать рецептуру на макаронные изделия с овощными добавками, если влажность: муки – 15 %; теста – 31,7 %, томат пасты – 72 %, пюре из шпината – 93 %.

### Вариант 6

Рассчитать рецептуру на макаронные изделия молочные, если влажность: муки – 14,0 %; теста – 29,8 %; сухого цельного молока – 7 %.

### Вариант 7

Рассчитать рецептуру на макаронные изделия с овощной добавкой «порошок из томатопродуктов», если влажность: муки – 14,6%; теста – 29,5 %, порошок из томатопродуктов – 7,9 %.

### Вариант 8

Рассчитать рецептуру на макаронные изделия молочные, если влажность: муки – 15,5 %; теста – 31,8 %; творога нежирного – 75 %.

### Вариант 9

Рассчитать рецептуру на макаронные изделия «Школьные», если влажность: муки – 15,6 %; теста – 31,7 %; яичного порошка – 7,5 %; сухого цельного молока – 6 %.

### Вариант 10

Рассчитать рецептуру на макаронные изделия «Артек», если влажность: муки – 12,8 %; теста – 31,4 %; меланжа – 76 %; творога нежирного – 80,4 %.

### Вариант 11

Рассчитать рецептуру на макаронные изделия «Детское питание», если влажность: муки – 14,7 %; яичного порошка – 9,5 %; сухого цельного молока – 5 %; теста – 30,3 %.

### Вариант 12

Рассчитать рецептуру на макаронные изделия «Школьные», если влажность: муки – 14,3 %, яиц 78 %; молока сухого цельного – 8 %; теста – 33 %.

### Вариант 13

Рассчитать рецептуру на макаронные изделия «Детское питание», если влажность: муки – 14,6 %; меланжа – 76 %; сухого цельного молока – 8,4 %, теста – 32,0 %.

### Вариант 14

Рассчитать рецептуру на макаронные изделия «Артек», если влажность: муки – 14,6 %, теста – 32 %; яиц – 78 %; творога нежирного – 82 %

### Вариант 15

Рассчитать рецептуру на макаронные изделия с овощной добавкой (шпинат), если влажность: муки – 12,4 %; шпинат – пюре – 93 %; теста – 34 %.

## Приложение Г

### (справочное)

Таблица Г.1 – Поправки для пересчета плановой нормы расхода муки на фактическую влажность муки

Влажность муки W <sub>м</sub> , %	Поправка к плановой норме расхода муки, кг/т	Влажность муки W <sub>м</sub> , %	Поправка к плановой норме расхода муки, кг/т
12,9	- 18,7	14,5	Плановая норма
13,0	-17,6	14,6	+1,2
13,1	-16,4	14,7	+2,4
13,2	-15,2	14,8	+3,6
13,3	-14,1	14,9	+4,8
13,4	-12,9	15,0	+6,0
13,5	-11,8	15,1	+7,2
13,6	-10,6	15,2	+8,4
13,7	-9,4	15,3	+9,6
13,8	-8,3	15,4	+10,9
13,9	-7,1	15,5	+12,1
14,0	-5,9	15,6	+13,4
14,1	-4,7	15,7	+14,6
14,2	-3,6	15,8	+15,9
14,3	-2,4	15,9	+17,1
14,4	-1,2	16,0	+18,2

П р и м е ч а н и е - Если средневзвешенная влажность муки больше базисной влажности, то поправки прибавляются, если меньше – вычитаются.

## Приложение Д (обязательное)

### Варианты контрольных заданий по разделу 6.3 и 6.4.

#### Вариант 1

1 Рассчитать удельную величину учтенных отходов, если при выработке 20 тонн макаронных изделий образовалось:

- мучного смета 21 кг влажностью 14 %;
- тестовых отходов 25 кг влажностью 18 %;
- смета готовых изделий 11 кг влажностью 11,8 %.

Другими учтенными отходами пренебречь.

2 Плановая норма расхода муки на предприятии составляет 1022,7 кг/т, в том числе норма учтенных отходов – 2 кг/т. За отчетный период со склада в производство поступило 1017 тонн муки средневзвешенной влажностью 14,1 %. За тот же период фабрикой выработано 1000 тонн изделий стандартной влажностью 13 %. Общее количество собранных учтенных отходов составило за отчетный период 1,8 тонн (в пересчете на средневзвешенную влажность муки 14,1 %). Определить фактический расход муки на 1 тонну изделий за отчетный период и сравнить его с плановой фактической нормой.

3 Рассчитать плановую норму расхода сырья при выработке макаронных изделий влажностью 12,4 %. Влажность сырья 13 %. Удельная величина учтенных отходов 3,5 кг/т. Удельная величина безвозвратных потерь 1,51 кг/т.

## Вариант 2

1 Рассчитать удельную величину учтенных отходов, если при выработке 20 тонн макаронных изделий образовалось: - мучного смета 21 кг влажностью 15,8 %;

- тестовых отходов 25 кг влажностью 16,2 %;

- смета готовых изделий 11 кг влажностью 12,2 %.

Другими учтенными отходами пренебречь.

2 Рассчитать плановую норму расхода сырья при выработке макаронных изделий влажностью 12,2 %. Влажность сырья 14,5 %. Удельная величина учтенных отходов 3,6 кг/т. Удельная величина безвозвратных потерь 1,39 кг/т.

3 За отчетный период предприятием выработано 45 т макаронных изделий без добавок влажностью 13 %. Было переработано 20 т муки влажностью 14,8 % и неизвестное количество муки влажностью 14 %. Норма расхода муки плановая составляет 1023 кг/т. Найти количество переработанной муки влажностью 14 %.

## Вариант 3

1 Рассчитать удельную величину учтенных отходов, если при выработке 20 тонн макаронных изделий образовалось:

- мучного смета 21 кг влажностью 12 %;

- тестовых отходов 25 кг влажностью 11 %;

- смета готовых изделий 11 кг влажностью 12,4 %.

Другими учтенными отходами пренебречь.

2 За отчетный период предприятием выработано 45 т макаронных изделий без добавок влажностью 13 %. Учетные отходы и безвозвратные потери составили:  $U_y=2$  кг/т;  $B_y=1,51$  кг/т. При этом было 25 т муки влажностью 14 % и неизвестное количество муки влажностью 15 %. Определить количество переработанной муки влажностью 15 %.

3 Определить удельную величину безвозвратных потерь при установленной норме расхода сырья  $N_{с.пл.} = 1022$  кг/т. Технологические затраты составляют 1017,8 кг/т. Удельная величина учетных отходов 3,5 кг/т.

#### Вариант 4

1 Рассчитать удельную величину учетных отходов, если при выработке 20 тонн макаронных изделий образовалось:

- мучного смета 21 кг влажностью 10,5 %;
- тестовых отходов 25 кг влажностью 11,5 %;
- смета готовых изделий 11 кг влажностью 13 %.

Другими учетными отходами пренебречь.

2 Рассчитать плановую норму расхода сырья при выработке макаронных изделий влажностью 11,8 %. Влажность сырья 12,2 %. Удельная величина учетных отходов 3,73 кг/т. Удельная величина безвозвратных потерь 1,2 кг/т.

3 Определить удельную величину безвозвратных потерь при установленной норме расхода сырья  $N_{с.пл.} = 1020,5$  кг/т. Технологические затраты составляют 1004,6 кг/т. Удельная величина учетных отходов 1.4 кг/т.

## Вариант 5

1 Рассчитать удельную величину учтенных отходов, если при выработке 20 тонн макаронных изделий образовалось:

- мучного смета 21 кг влажностью 10,5 %;
- тестовых отходов 25 кг влажностью 9,5 %;
- смета готовых изделий 11 кг влажностью 11,2 %.

Другими учтенными отходами пренебречь.

2 Рассчитать плановую норму расхода сырья при выработке макаронных изделий влажностью 11 %. Влажность сырья 10 %. Удельная величина учтенных отходов 5 кг/т. Удельная величина безвозвратных потерь 5 кг/т.

3 Определить удельную величину безвозвратных отходов при установленной плановой норме расхода сырья  $N_{с.пл.} = 1014$  кг/т. Технологические затраты составляют 988,89 кг/т. Удельная величина учтенных отходов 3,6 кг/т.

## Вариант 6

1 Рассчитать удельную величину учтенных отходов, если при выработке 20 тонн макаронных изделий образовалось:

- мучного смета 21 кг влажностью 16,4 %;
- тестовых отходов 25 кг влажностью 15,6 %;
- смета готовых изделий 11 кг влажностью 11,6 %.

Другими учтенными отходами пренебречь.

2 Рассчитать плановую норму расхода сырья при выработке макаронных изделий влажностью 11,6 %. Влажность сырья 14,5 %. Удельная

величина учтенных отходов 3 кг/т. Удельная величина безвозвратных потерь 1,4 кг/т.

3 Определить удельную величину безвозвратных потерь при установленной плановой норме расхода сырья Нс.пл.= 1022 кг/т. Технологические затраты составляют 1011 кг/т. Удельная величина учтенных отходов 3 кг/т.

#### Вариант 7

1 Рассчитать удельную величину учтенных отходов, если при выработке 20 тонн макаронных изделий образовалось:

- мучного смета 21 кг влажностью 10 %;
- тестовых отходов 25 кг влажностью 11 %;
- смета готовых изделий 11 кг влажностью 11,6 %.

Другими учтенными отходами пренебречь.

2 Рассчитать плановую норму расхода сырья при выработке макаронных изделий влажностью 11,4 %. Влажность сырья 10 %. Удельная величина учтенных отходов 3 кг/т. Удельная величина безвозвратных потерь 1,5 кг/т.

3 Определить удельную величину безвозвратных потерь при установленной норме расхода сырья Нс.пл.= 1022,8 кг/т. Технологические затраты составляют 1018,3 кг/т. Удельная величина учтенных отходов 3,3 кг/т.

#### Вариант 8

1 Рассчитать удельную величину учтенных отходов, если при выработке 20 тонн макаронных изделий образовалось:

- мучного смета 21 кг влажностью 14,2 %;

- тестовых отходов 25 кг влажностью 17,8 %;
- смета готовых изделий 11 кг влажностью 13,8 %.

Другими учтенными отходами пренебречь.

2 Рассчитать плановую норму расхода сырья при выработке макаронных изделий влажностью 13,8 %. Влажность сырья 14,5 %. Удельная величина учтенных отходов 2 кг/т. Удельная величина безвозвратных потерь 1,5 кг/т.

3 Определить удельную величину безвозвратных потерь при установленной плановой норме расхода сырья Нс.пл. = 1013 кг/т. Технологические затраты взять из второй задачи. Удельная величина учтенных отходов 3,5 кг/т.

#### Вариант 9

1 Рассчитать удельную величину учтенных отходов, если при выработке 22 тонн макаронных изделий образовалось:

- мучного смета 21 кг влажностью 11 %;
- тестовых отходов 25 кг влажностью 12 %;
- смета готовых изделий 11 кг влажностью 11,8 %.

Другими учтенными отходами пренебречь.

2 Рассчитать норму расхода сырья при выработке макаронных изделий влажностью 12,6 %. Влажность сырья 12 %. Удельная величина учтенных отходов 3,5 кг/т. Удельная величина безвозвратных потерь 1,5 кг/т.

3 Определить удельную величину безвозвратных потерь при установленной норме расхода сырья Нс.пл.= 1025 кг/т. Технологические затраты равны 1021,6. Удельная величина учтенных отходов 1,6 кг/т.

## Вариант 10

1 Рассчитать удельную величину учтенных отходов, если при выработке 20 тонн макаронных изделий образовалось:

- мучного смета 21 кг влажностью 15,2 %;
- тестовых отходов 25 кг влажностью 16,8 %;
- смета готовых изделий 11 кг влажностью 12,8 %.

Другими учтенными отходами пренебречь.

2 Рассчитать плановую норму расхода сырья с учетом его фактической влажности при выработке макаронных изделий влажностью 12,8 %. Влажность сырья 14,5 %. Удельная величина учтенных отходов 2,5 кг/т. Удельная величина безвозвратных потерь 1,5 кг/т.

3 Определить удельную величину безвозвратных потерь при установленной плановой норме расхода сырья  $N_{с.пл.} = 1022$  кг/т. Технологические затраты равны 1019 кг/т. Удельная величина учтенных отходов 1,5 кг/т.

## Вариант 11

1 Рассчитать удельную величину учтенных отходов, если при выработке 25 тонн макаронных изделий образовалось:

- мучного смета 21 кг влажностью 17,2 %;
- тестовых отходов 25 кг влажностью 17 %;
- смета готовых изделий 11 кг влажностью 11,4 %.

Другими учтенными отходами пренебречь.

2 Плановая норма расхода муки на предприятии составляет 1023 кг/т. За отчетный период было израсходовано 1000 тонн муки, в том числе 300 тонн

влажностью 14 %, 300 тонн влажностью 13 % и 400 тонн влажностью 14,5 %. За это же время было произведено 900 тонн изделий, в том числе 250 тонн рожков влажностью 12,6 %, 300 тонн лапши влажностью 12 % и 350 тонн вермишели влажностью 11,8 %. Требуется провести пересчет плановой нормы расхода муки на фактическую влажность муки и изделий.

3 Определить экономию (перерасход) муки, если за отчетный период было израсходовано: муки в/с влажностью -14 % - 20 т; 15 % - 40 т; муки I с – 14 % - 30 т, 15 % - 30 т. Было выработано изделий без добавок высшего сорта влажностью 13 % - 55 т, первого сорта влажностью 11 % - 54 т. Плановая норма расхода сырья Н пл.с. = 1023 кг/т.

#### Вариант 12

1 Рассчитать удельную величину учтенных отходов, если при выработке 20 тонн макаронных изделий образовалось:

- мучного смета 21 кг влажностью 17 %;
- тестовых отходов 25 кг влажностью 15 %;
- смета готовых изделий 11 кг влажностью 11 %.

Другими учтенными отходами пренебречь.

2 Рассчитать плановую норму расхода сырья при выработке макаронных изделий влажностью 11 %. Влажность сырья 14,5 %. Удельная величина учтенных отходов 3,4 кг/т. Удельная величина безвозвратных потерь 1,4 кг/т.

3 За отчетный период на предприятии были выработаны макаронные изделия молочные (с использованием сухого молока) влажностью 13 % и макаронные изделия без добавок влажностью 12 %. Макаaronных изделий без добавок было выработано 20 тонн. Израсходовано муки высшего сорта

влажностью: 14,5 % - 20 т; 15 % - 15 т; 13,8 %- 20т. Определить плановый расход сухого молока за отчетный период, если Нс.пл. = 1023 кг/т.

### Вариант 13

1 Рассчитать удельную величину учтенных отходов, если при выработке 20 тонн макаронных изделий образовалось:

- мучного смета 21 кг влажностью 11 %;
- тестовых отходов 25 кг влажностью 10 %;
- смета готовых изделий 11 кг влажностью 12 %.

Другими учтенными отходами пренебречь.

2 Рассчитать плановую норму расхода сырья при выработке макаронных изделий влажностью 12,8 %. Влажность сырья 12 %. Удельная величина учтенных отходов 3,7 кг/т. Удельная величина безвозвратных потерь 1,32 кг/т.

3 Определить экономию (перерасход) муки, если за отчетный период предприятием было израсходовано муки влажностью: высшего сорта  $W = 14\%$  - 30 т,  $W = 15\%$  - 30 т, первого сорта влажностью  $W = 14,2\%$  - 25 т., влажностью  $W = 14,8\%$  - 35 т. За отчетный период выработано изделий:

- высшего сорта без добавок  $W = 13\%$  - 55,6 т;
- первого сорта без добавок  $W = 11,5\%$  - 54,5 т.;

Количество учтенных отходов и безвозвратных потерь соответственно равно: 2,5 кг/т и 1,4 кг/т.

### Вариант 14

1 Определить удельную величину безвозвратных потерь при установленной плановой норме расхода сырья Нс.пл.= 1012 кг/т.

Технологические затраты взять из второй задачи. Удельная величина учтенных потерь 3,5 кг/т.

2 Определить количество макаронных изделий яичных (влажность 13 %), если при изготовлении данных изделий было израсходовано 300 кг яичного порошка плановой влажности. Плановая норма расхода муки без добавок составляет  $N_{с.пл.} = 1023$  кг/т.

3 Определить удельную величину безвозвратных потерь при установленной плановой норме расхода сырья  $N_{с.пл.} = 1052$  кг/т. Технологические затраты равны 1046,5 кг/т. Удельная величина учтенных отходов 4 кг/т.

#### Вариант 15

1 За отчетный период предприятием израсходовано муки высшего сорта влажностью: 15 % - 10 т, 14 % - 20 т, 14,5 % - 15 т. Выработано макаронных изделий без добавок 40 т, из них влажностью 13 % - 15 т и неизвестное количество изделий влажностью 11 %. Определить сколько было выработано макаронных изделий без добавок влажностью 11 %, если плановая норма расхода муки составляет 1023 кг/т.

2 Рассчитать плановую норму расхода сырья при выработке макаронных изделий влажностью 11,4 %. Влажность сырья 14,5 %. Удельная величина учтенных отходов 3,5 кг/т. Удельная величина безвозвратных потерь 1,4 кг/т.

3 Рассчитать удельную величину учтенных отходов, если при выработке 20 тонн макаронных изделий образовалось:

- мучного смета 21 кг влажностью 11,5 %;

- тестовых отходов 25 кг влажностью 10,5 %;
- смета готовых изделий 11 кг влажностью 12,2 %.

Другими учтенными отходами пренебречь.

### Вариант 16

1 Плановая норма расхода муки на предприятии составляет 1023 кг/т. За отчетный период было израсходовано 1000 тонн муки, в том числе 300 тонн влажностью 14 %, 300 тонн влажностью 13 % и 400 тонн влажностью 14,5 %. За это же время было произведено 900 тонн изделий, в том числе 250 тонн рожков влажностью 12,6 %, 300 тонн лапши влажностью 12 % и 350 тонн вермишели влажностью 11,8 %. Требуется провести пересчет плановой нормы расхода муки на фактическую влажность муки и изделий.

2 Определить удельную величину безвозвратных потерь при установленной норме расхода сырья  $N_{с.пл.} = 1020$  кг/т. Технологические затраты составляют 1013,2 кг/т. Удельная величина учтенных отходов 3,5 кг/т.

3 Определить количество макаронных изделий яичных (влажность 13 %). Если при изготовлении данных изделий было израсходовано 300 кг яичного порошка плановой влажности. Плановая норма расхода составляет  $N_{пл.с.} = 1023$  кг/т.

### Вариант 17

1 Плановая норма расхода муки на предприятии составляет 1022,7 кг/т, в том числе норма учтенных потерь – 2 кг/т. За отчетный период со склада в производство поступило 1017 тонн муки средневзвешенной влажностью 14,1 %. За тот же период фабрикой выработано 1000 тонн изделий стандартной влажностью 13 %. Общее количество собранных учтенных потерь

составило за отчетный период 1,8 тонн (в пересчете на средневзвешенную влажность муки 14,1 %).

Определить фактический расход муки на тонну изделий на предприятии за отчетный период и сравнить его с плановой фактической нормой.

2 Рассчитать удельную величину учтенных потерь, если при выработке 20 тонн макаронных изделий образовалось:

- мучного смета 21 кг влажностью 11,5 %;
- тестовых отходов 25 кг влажностью 10,5 %;
- смета готовых изделий 11 кг влажностью 12,2 %.

Другими учтенными отходами пренебречь.

3 Определить удельную величину безвозвратных потерь при установленной норме расхода сырья Ис.пл. = 1032,4 кг/т. Технологические затраты равны 1025 кг/т. Удельная величина учтенных отходов 3,5 кг/т.

### Вариант 18

1 Определить экономию (перерасход) муки, если за отчетный период было израсходовано: муки в/с  $W = 14\%$  - 28 т;  $W = 15\%$  - 32 т; муки I/с  $W = 15,5\%$  - 10 т;  $W = 14,3\%$  - 50 т. Было выработано макаронных изделий влажностью 13 %; яичных с использованием яичного порошка – 56,3 т., первого сорта без добавок – 54 т. Учтенные отходы и безвозвратные потери соответственно равны  $U_y = 3,5$  кг/т;  $B_y = 1,5$  кг/т.

2 Рассчитать плановую норму расхода сырья при выработке макаронных изделий влажностью 11,8 %. Влажность сырья 14,5 %. Удельная величина учтенных потерь 2,5 кг/т. Удельная величина безвозвратных потерь 1,25 кг/т.

3 Определить удельную величину безвозвратных потерь при установленной плановой норме расхода сырья  $N_{с.пл.} = 1016$  кг/т. Технологические затраты составляют 1011 кг/т. Удельная величина учтенных отходов 3,4 кг/т.

#### Вариант 19

Составить баланс сырья для макаронной фабрики. Исходные данные по выработке предприятием макаронных изделий приведены в таблице Е.1 по вариантам. Количество переработанного сырья по вариантам при разной плановой норме расхода сырья:  $N_{пл.с.} = 1020,3$  и  $1021,3$  кг/т дано в таблицах Е.2 - Е.3.

## Приложение Е

(обязательное)

Таблица Е.1 – Количество макаронных изделий, выработанных предприятием

Показатели	Варианты									
1	2									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Предприятием выработано макаронных изделий, т										
Без добавок (влажностью 13 %)										
высшего сорта	1300	2638,35	300,4	2400,2	1500,6	1268,4	1050,8	2500,4	3520,2	2528,6
I сорта	1700	879,45	700,20	620,5	938,4	1500,3	100,4	1728,3	1652,8	848,3
Без добавок (влажностью 11 %)										
высшего сорта	800	351,78	-	203,4	-	500,2	382,5	-	286,8	150,4
I сорта	1200	-	300,3	-	178,2	604,2	500,9	205,4	-	68,2
С добавками из муки в/с										
Яичные с использованием										
меланжа	-	175,89	-	-	124,3	-	-	178,3		-
яйца	-	-	160,5	-	-	-	124,7	-	110,8	-
яичного порошка	300	-	-	250	-	-	-			-
Молочные с использованием:										

Продолжение таблицы Е.1

1	2									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
сухого молока	-	-	150,1	-	44,5	124,8	-	-	120,3	110,8
творога нежирного	-	-	20,3	40,5	-	-	58,0	47,5	-	58,3
«Детское питание» с использованием:										
меланжа	-	-	-	-	-	54,5	60,5	80,3	76,2	85,2
яйца	-	-	-	22,4	-	-	-	-	-	-
яичного порошка		351,78	-	-	-	-	-	10,5	8,3	3,4
«Школьные» с использованием:										
меланжа	600	-	-	430,0	-	-	-	-	-	458,3
яйца	-	-	-	-	-	63,5	-	-	-	-
яичного порошка	-	-	-	-	-	-	57,8	-	-	68,3
«Артек» с использованием:										
меланжа	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
яйца	-	-	-	-	30,5	44,8	-	-	-	-
яичного порошка	-	-	-	-	-	-	-	78,4	-	-
С овощными добавками										
паста томатная	52,4	200,0		19,8	-	52,4	44,5	-	48,3	58,9
порошок из томатопродуктов	-		102	-	103,4	80,0	-	-	53,4	60,4
Фактически выработано макаронных изделий	5952,4	4596,28	1733,8	3986,8	2919,9	4293,1	2380,1	4829,1	5877,1	4499,1

Таблица Е.2 – Количество переработанного сырья предприятием при  $N_{пл.с.} = 1020,3$  кг/т

1	2									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
За отчетный период предприятием переработано сырья, кг:										
мука высшего сорта ( $W_{ср.вз} = 14,75\%$ )	3100347,9	3786326,25	710578,36	3420998	1835708,8	2204490	1815712,6	2947684,75	4310300	3616588,17
мука 1 сорта ( $W_{ср.вз} = 14,7\%$ )	2993942,8	899407,48	1030244,38	634529,0	1146139,5	2171077,4	626690,59	1982393,29	1690306	936690,61
яйцо куриное ( $W_{ср.} = 75\%$ )	-	-	10053,12	2119	3023,47	2917,16	7809,96	-	6939	-
меланж ( $W = 70\%$ )	74242,8	14530,1	-	51342	10268,42	2279,88	7486,27	24708,48	9430	22601,8
яичный порошок ( $W = 9\%$ )	8178,5	14440,87	-	6836	-	-	2275,01	3649,46	341	3107,56
сухое молока ( $W = 7\%$ )	-	-	11493,16	-	3441,0	10594,94	-	-	9301	9316,14
творог нежирный ( $W = 75\%$ )	-	-	-	7533	-	-	10757,73	8810,3	-	3161,15
паста томатная ( $W = 74,5\%$ )	4994,61	19437,4	-	1928,9	-	1520,29	6803,51	-	4694	1705,7
порошок из томатопродуктов ( $W = 6\%$ )	-	-	3215,04		3260,0	2777,34		-	1683	2091,7

Таблица Е.3 – Количество переработанного сырья предприятием при  $N_{пл.с.} = 1021,3$  кг/т

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
За отчетный период предприятием переработано сырья, кг:										
мука высшего сорта ( $W_{ср.вз} = 14,75\%$ )	3110197	3788933,44	702908,8	3424149,63	1835783,54	2234495,9	1818285,935	2950590,34	4314517	3630902,1
мука 1 сорта ( $W_{ср.вз} = 14,7\%$ )	2996798,5	900288,56	1030247,1	635209,7	1147271,05	2168540,5	627315,91	1984326,99	1691964	939811,48
яйцо куриное ( $W_{ср.} = 75\%$ )	-	-	38187,77	2114,34	1911,74	9976,0	7817,069	-	6946	-
меланж ( $W = 70\%$ )	71502	17355,06	-	51243,53	10277,36	6494,81	7493,409	24733,38	9438	64763,45
яичный порошок ( $W = 9\%$ )	8187	14444,08	-	6858,25	-	-	1891,94	3652,01	342	2913,88
сухое молоко ( $W = 7\%$ )	-	-	11616,94	-	3410,48	9740,55	-	-	9310	8573,7
творог нежирный ( $W = 75\%$ )	-	-	-	7559,8	-	-	10771,628	8844,5	-	10823,97
паста томатная ( $W = 74,5\%$ )	5096,8	19834	-	1926,144	-	5097,47	6856,42	-	4699	5732,79
порошок из томатопродуктов ( $W = 6\%$ )	-	-	3218,61	-	3260,24	2526,2	-	-	1685	1905,01