

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СМЕШИВАНИЯ, ПРЕССОВАНИЯ И СУШКИ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С РАЗРАБОТКОЙ КОНСТРУКЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА**

**Попов В.П., Ханин В.П., Краснова М.С.  
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Под макаронными изделиями высокого качества подразумевается изделие, полученное при высушивании до массовой доли влаги 12-13 %, заранее отформованной смеси муки и воды. Макароны изделия, как правило, имеют хороший вид, желтый цвет, специфический вкус и аромат. Высококачественные макаронные изделия не должны содержать трещины и подгорелости.

При производстве макаронных изделий наиболее важными факторами являются: замес, прессование и сушка. От правильности проведения данных процессов напрямую зависят такие показатели качества, как прочность и цвет готовых макаронных изделий, количество сухих веществ, перешедших в воду при варке изделий, степень слипаемости и удельная прочность сваренных изделий. Нарушение технологического регламента замеса, прессования или сушки приводит к закисанию, плесневению и растрескиванию изделий. Прогрессивные методы производства макаронных изделий внедряются в производство благодаря трудам Г.М. Медведева, М.Е. Чернова, Н.И. Назарова, В.П. Попова, G. Mondelli, однако в настоящее время:

- производство макаронных изделий проводится исключительно в рациональных режимах, так как объективные технологические и технические трудности не позволяют осуществить работу оборудования в оптимальном режиме;
- производится частичная автоматизация отдельных рациональных режимов производства, причем при её проведении не учитываются качественные изменения в полуфабрикатах.

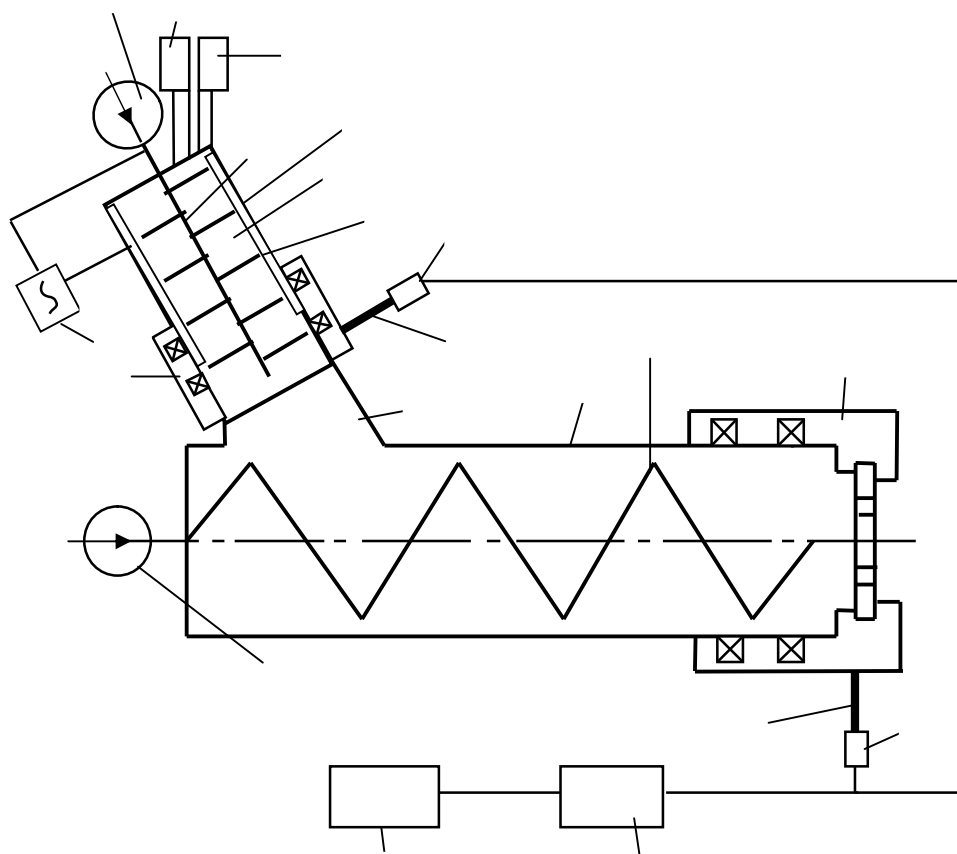
В связи с вышеизложенным, является актуальной оптимизация значений параметров технологических процессов производства макаронных изделий с использованием ресурсосберегающих режимов, позволяющих получать высококачественные изделия всех видов [1, 2].

Авторами была проведена оптимизация технологических процессов смешивания и прессования (экструдирования) макаронного теста на основе которой разработана конструкция шнекового пресса - экструдера, схема которого представлена на рисунке 1.

Основой экструзионной установки является пресс-экструдер ПЭШ-60, относящийся к прессам-экструдерам лабораторного типа, способный к попеременному изготовлению как вспученных экструдатов, так полуфабрикатов вспученных экструдатов и макаронных изделий.

Пресс содержит шнековую пару, состоящую непосредственно из шнека и шнековой камеры, причем на конце шнека установлена торпедовидная насадка.

Насадка имеет шесть продольных канавок, причем канавки имеют прямоугольное сечение. Насадка выполняет функцию компрессионного затвора. Пресс содержит привод, включающий асинхронный электродвигатель, клиноременную передачу и редуктор. Следует отметить что: при помощи смены шкивов клиноременной передачи можно добиться изменения скорости вращения шнека; матрицы различной конструкции можно устанавливать в головку пресса-экструдера [3, 4].



1 – дозатор воды, 2 – дозатор муки, 3 – смеситель-разрыхлитель, 4 – электродвигатель смесителя-разрыхлителя, 5 – токопроводящий рабочий орган смесителя-разрыхлителя, токопроводящая обечайка, 7 – корпус из неэлектропроводного материала, 8 – цилиндрическая насадка для измерения вращающего момента, 9 – тензодатчик, 10 – гибкий элемент, на который с двух сторон наклеиваются тензодатчики, 11 – корпус пресса, 12 – шнек, 13 – формующая головка, выполненная с возможностью свободного вращения вокруг корпуса пресса, 14 – загрузочное устройство, 15 – аналого-цифровой преобразователь, 16 – компьютер

Рисунок 1 – Схема экструзионной установки

На основании серии предварительных экспериментов, проведенных авторами, была составлена схема управления процессом сушки с поэтапной зависимостью выходных параметров от управляющих воздействий (рисунок 2).

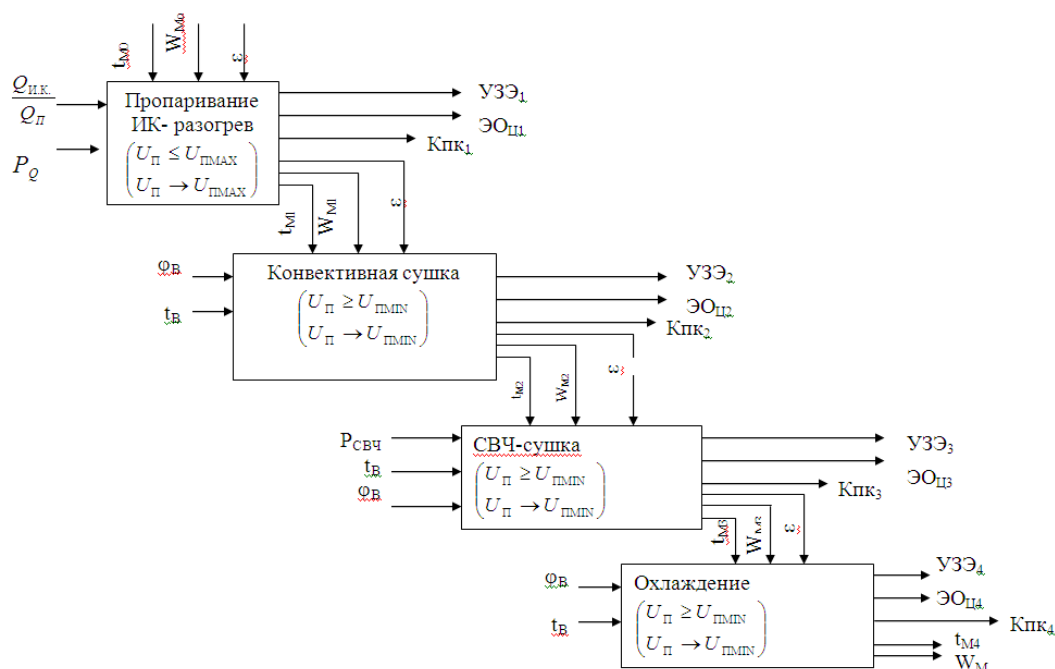


Рисунок 2. – Структурная схема процесса сушки макаронных изделий

Процесс разбит на четыре этапа. На всех этапах в качестве контролируемых параметров целесообразно использовать экспертную оценку органолептических свойств (ЭОц) макаронных изделий, комплексный показатель качества (КПК) и удельные затраты энергии (УЗЭ) на проведение этапа. Причем для каждого этапа необходимо получить низкие удельные затраты и высокую экспертную оценку органолептических свойств. Комплексный показатель качества должен увеличиваться от этапа к этапу таким образом, чтобы после завершения последнего достигнуть максимального значения. С целью создания оптимальных условий для проведения последующих этапов контролируется также исходное относительное удлинение изделий при растяжении.

Самым значимым с точки зрения повышения прочности макаронных изделий в процессе сушки, и как следствие обеспечения возможности сушки макаронных изделий в жестких режимах, является первый этап. В соответствии с вышесказанным на данном этапе осуществляется пропаривание и разогрев макаронных изделий. Этап сопровождается разогревом макаронных изделий, вызывающим возникновение, так называемого, градиента влажности, который направляет влагу от более нагретых слоев к менее нагретым. Цель этапа – как можно более быстрое разогревание изделий с параллельным упрочнением их клейковинного и крахмального каркаса за счет пропаривания всех слоев. В качестве управляемого параметра целесообразно использовать изменение относительного удлинения при растяжении ( $\varepsilon$ ) в процессе, об окончании этапа можно судить по достижению относительного удлинения при растяжении

максимального значения. Отношение количества энергии, вносимой с инфракрасным излучением к количеству энергии, вносимой с паром ( $\frac{Q_{и.к.}}{Q_{п}}$ ) и интенсивность подвода энергии ( $P_Q$ ) следует принять за управляющие воздействия.

Не менее значимым для производства макаронных изделий, является этап в процессе осуществления которого полуфабрикат можно сушить в жестких режимах, а как следствие, с наименьшими энергозатратами. Данный этап целесообразно проводить с использованием конвективного способа сушки. Следует отметить, что жесткие режимы сушки можно применять до потери полуфабрикатом пластических свойств, а именно до достижения высушиваемыми макаронными изделиями упруго-вязкого состояния. Цель этапа – максимально быстрое снижение влажности с одновременным упрочнением их структуры. В качестве управляющих воздействий целесообразно использовать температуру ( $t_B$ ) и относительную влажность сушильного воздуха ( $\varphi$ ), а в качестве управляемого параметра целесообразно использовать изменение относительного удлинения при растяжении. Об окончании этапа можно судить по началу отклонения уменьшения относительного удлинения при растяжении. Интенсивность сушки определяется разницей между средневзвешенной влажностью изделий и влажностью поверхностных слоев:  $W_{ср.взв.} - U_{п}$  и определяется также, как и в первом этапе, из условия возникновения внутренних напряжений ( $U_{п}$  - является функцией от температуры и влажности сушильного воздуха).

На третьем этапе – этапе сверхвысокочастотной сушки наблюдается высушивание макаронных изделий до превращения их в упругий материал. Цель этапа - быстрое удаление влаги из изделий с одновременным предупреждением возникновения больших касательных напряжений, вызванных смещением слоев. В качестве управляемого параметра также можно использовать относительное удлинение при растяжении. В качестве управляющих воздействий – интенсивность сверхвысокочастотного воздействия ( $P_{свч}$ ) и изменение влажности поверхности изделий ( $U_{п}$ ), определяющейся параметрами теплоносителя. Об окончании этапа можно судить по прекращению изменения относительного удлинения. Интенсивность сушки определяется мощностью СВЧ- воздействия, а также, как при конвективной сушке, относительной влажностью и температурой сушильного воздуха.

На четвертом этапе – этапе охлаждения происходит доведение макаронных изделий до стандартной влажности. Цель этапа – как можно более быстрое доведение продукта до кондиционной влажности с одновременным охлаждением. Об окончании этапа следует судить по достижению изделиями требуемой влажности и температуры. В качестве управляемых параметров целесообразно использовать изменение температуры и влажности макаронных изделий. Температура изделий на этапе охлаждения практически равна температуре сушильного воздуха, влажность изделий определяется изменением

средневзвешенной влажности. В качестве управляющих воздействий целесообразно использовать температуру ( $t_B$ ) и относительную влажность охлаждающего воздуха ( $\varphi$ ) [5-8].

Разработанное авторами предложение по изменению конструкции оборудования позволит повысить качество макаронных изделий, расширить ассортимент используемого сырья, а также снизить удельные затраты энергии на производство единицы продукции [9-11].

#### Список литературы

1. Медведев, Г.М. *Технология макаронных изделий [Текст]: учеб. для студентов / Г.М. Медведев. - СПб.: ГИОРД, 2005. - 312 с.*
2. Чернов, М.Е. *Оборудование предприятий макаронной промышленности [Текст] / М.Е. Чернов.- 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1988. - 263 с.*
3. Патент 2306775 Российская Федерация. Шнековый экструдер / В.Г. Коротков, А.Ю. Рогулин, В.П. Попов, В.П. Ханин, М.Ю. Шрейдер; опубл. 12.04.2006.
4. Патент 2338442 Российская Федерация. Шнековый экструдер / М.Ю. Шрейдер, В.П. Попов, А.М. Пищухин, В.П. Ханин, В.Г. Коротков, А.Ю. Рогулин; опубл. 05.10.2006.
5. Малышкина, В.А. Анализ процесса сушки макаронных изделий в инфракрасных сушилках / В.А. Малышкина, Г.Б. Зинюхин, А.М. Пищухин, В.П. Попов // *Вестник Оренбургского государственного университета. - 2004. - № 4. - С. 135-138.*
6. Патент 2240709 Российская Федерация. Способ сушки макаронных изделий / В.П. Попов, В.А. Малышкина, В.П. Ханин, А.М. Пищухин; опубл. 04.01.2003.
7. Патент 2251646 Российская Федерация. Установка для сушки длинных изделий подвесным способом / В.П. Попов, В.А. Малышкина, В.П. Ханин, А.М. Пищухин, В.Г. Коротков; опубл. 18.07.2003.
8. Малышкина, В.А. Изменение реологических свойств макаронных изделий как фактор, влияющий на прохождение процесса их сушки / В.А. Малышкина, В.П. Попов, В.П. Ханин // *Вестник Оренбургского государственного университета. - 2005. № 5. - С. 149-152.*
9. Попов, В.П. Разработка технологии производства сухих полуфабрикатов крекеров с использованием варочных экструдеров / В.П. Попов // автореф. дис.на соискание уч. ст. к.т.н. – Москва, 1995. – 22 с.
10. Тимофеева, Д.В. Оптимизация изменения агрегатного состояния сырья в процессе экструзии / Д.В. Тимофеева, А.Г. Зинюхина, В.П. Попов, В.Г. Коротков, С.В. Антимонов // *Вестник Оренбургского государственного университета. - 2013. - № 3 (152). - С. 225-229.*
11. Малышкина, В.А. Применение нетрадиционного сырья для производства макаронных изделий / В.А. Малышкина, Г.Б. Зинюхин, А.Г. Белова, Г.А. Сидоренко, В.П. Попов // *Вестник Оренбургского государственного университета. - 2004. № 2. - С. 168-170.*