

В целом можно отметить, что с ростом коэффициента затопления и со смещением точки реализации предполагаемого максимума пульсации давления (коэффициента корреляции, равного 1,0) от начала прыжка к его концу корреляционная связь увеличивается. При $k_3 = 1,0$ наши данные не противоречат данным Юдицкого Г. А., Лятхера В. М. [7].

В заключение отметим, что в дальнейшем мы предполагаем на основе полученных результатов провести анализ комплексных расчетов по оптимизации крепления как при различных коэффициентах затопления донного гидравлического прыжка, так и при различных длинах плит крепления и их количества.

Литература

1. Кузьмин С. А., Иванов В. М. Пульсация давления при различной степени затопления гидравлического прыжка // Сборник научных трудов ЛПИ. 1986. № 415. С. 27–30.
2. Иванов В. М. К вопросу об определении нагрузки на крепление дна за водосливной плотиной, с уступом от пульсации давления // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. Сборник научных трудов. 1984. Т. 170. С. 17–26.
3. Кузьмин С. А. Методика расчета отметки поверхности водобоя водосливных плотин // Сборник научно-методических статей по гидравлике. 1981. Вып. 4. С. 52–58.
4. Беляшевский Н. Н., Пивовар Н. Г., Калантыренко И. Н. Расчеты нижнего бьефа за водосливными сооружениями на скальных основаниях. Киев, 1973.
5. Хапаева А. К. Гидродинамическое воздействие потока на крепление в нижнем бьефе // Труды ЛПИ. 1982. № 383. С. 23–28.
6. Рекомендации по определению гидродинамических нагрузок, воздействующих на плиты водобоев и рибсберм водосливных плотин / Минэнерго СССР, ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. Ленинград, 1979.
7. Юдицкий Г. А., Лятхер В. М. Гидродинамические нагрузки на элементы крепления нижнего бьефа водосливных плотин // Труды координационных совещаний по гидротехнике / ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 1966. Вып. 13. С. 14–26.

УДК 637.52.03(100)

**Костенко Константин Васильевич, Брацихин Андрей Александрович,
Борисенко Алексей Алексеевич, Черниговский Вячеслав Алексеевич**

ВЛИЯНИЕ УГЛА НАКЛОНА ПОЛОК-ПОБУДИТЕЛЕЙ НА ИНТЕНСИФИКАЦИЮ ПРОЦЕССА ПОСОЛА В УСТАНОВКАХ БАРАБАННОГО ТИПА

В статье представлены результаты математического моделирования процессов изменения внутренних напряжений и количества циклов обработки при посоле мясного сырья с определением оптимальных значений угла наклона полок-побудителей с целью интенсификации процесса посола.

Ключевые слова: Посол мясного сырья; оборудование барабанного типа; внутренние напряжения; количество циклов обработки; интенсификация.

**Kostenko Konstantin Vasilievich, Bratsikhin Andrey Aleksandrovich,
Borisenko Aleksey Alekseevich, Chernigovskiy Vyacheslav Alekseevich**
**THE INFLUENCE OF THE ANGLE OF SHELFVE-MOTIVATORS TO INTENSIFY
OF THE SALTING PROCESS UNDER DRUM-TUMBLING**

The results of mathematical modeling .of the processes of internal stress and cycles of optimal angle of shelfve set into drum tumbler definition are presented meat treatment changing.

Key words: ambassador of meat raw materials, equipment drum, internal voltage of cycles, the intensification

Проведенный анализ нормативных документов, регламентирующих развитие отечественной промышленности на ближайшую перспективу, таких как Приказ Министерства сельского хозяйства РФ «О концепции развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России до 2025 года» №342 от 25.06.2007 г. и «Перспективный план фундаментальных исследований по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники на период до 2025 года», позволил выделить одну из приоритетных задач для пищевого машиностроения, которая сводится к созданию высокоэффективного и энергосберегающего оборудования [1].

Результаты анализа оборудования, применяемого в настоящее время для посола мяса тумблением, свидетельствуют о том, что инновационные технологии производства качественных мясопродуктов, предусматривающих комплекс интенсифицирующих приемов и способов, находят отражение в современных промышленных установках для посола.

Новейшие инженерные разработки в области аппаратного обеспечения мясоперерабатывающего производства касаются проектирования и выпуска оборудования, позволяющего совмещать несколько технологических операций. Такие установки позволяют повысить рентабельность производства, сэкономить производственные площади, и, как следствие, снизить издержки производства – себестоимость готовой продукции. Основным рабочим органом таких установок являются емкости различной формы, на внутренней поверхности которых установлены полки-побудители. Наибольшее распространение получили цилиндрические обечайки с радиально расположенными полками (HS-3 и HS-5 фирмы Johannlaskaund Söhne (Австрия), ФУМ-1 (Россия), УПМ-4, фирмы МАПО МИГ (Россия) и т. п.), с полками сложной конфигурации (тумблер ММ 300 (Словакия); установка Vacomat 150, фирмы «Eller» (Италия), тумблер TERMOMAT XPLUS, фирмы Metalquimia (Испания), Я8-ФОМ, ВНИИМП (Россия), MS 2000, MS 3000 фирмы «Danfotech» и т. п.).

Наряду с радиальными полками в установках для посола применяются полки с опережающим и запаздывающим скатыванием сырья, определяемые углом наклона полки к радиусу. Стоит отметить, что зачастую значения данного угла ничем не обоснованы.

Итак, целью данных исследований являлось определение влияния угла наклона полок на параметры интенсивности механической обработки: величину внутренних напряжений мясного сырья при его ударе об обечайку барабана и количество циклов обработки куска мясного сырья в единицу времени. Расчет параметров интенсивности осуществлён в соответствии с алгоритмом, предложенным Борисенко А. А. и Брачихиным А. А. [2], модифицированным с учетом поставленной задачи. Графическая интерпретация результатов расчетов представлена на рис. 1 и 2.

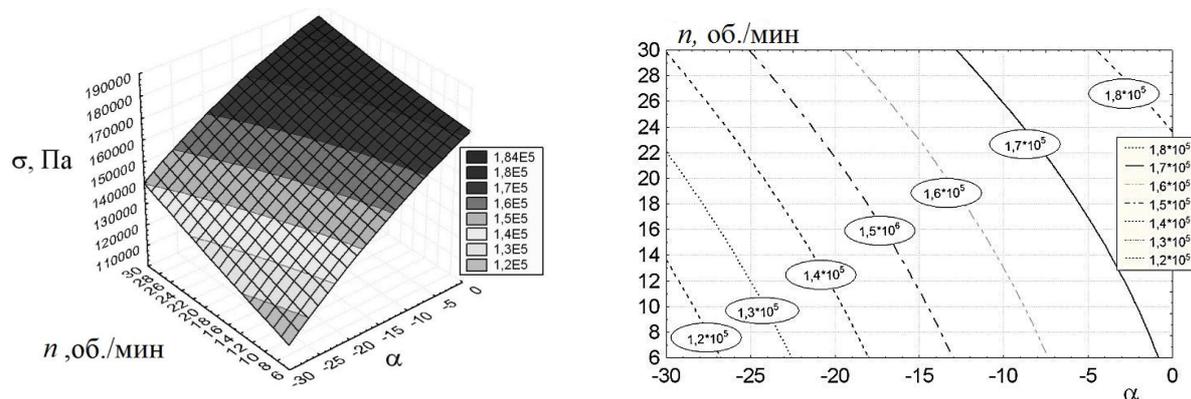


Рис. 1. Зависимость величины внутренних напряжений (σ , Па) и изолинии ее сечений, возникающие в куске мяса, от частоты вращения барабана (n , об./мин) и угла наклона полок (α , °) для полок с опережающим скатыванием продукта

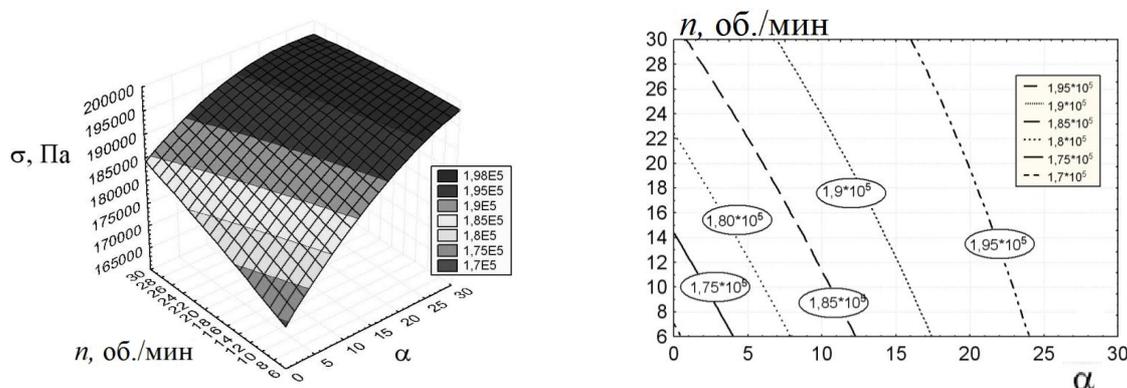


Рис. 2. Зависимость величины внутренних напряжений (σ , Па) и изолинии ее сечений (σ), возникающие в куске мяса, от частоты вращения барабана (n , об./мин) и угла наклона полок (α , °) для полок с запаздывающим скатыванием продукта

В мясной промышленности при изготовлении мясосырья с помощью механических воздействий изменяют размер и форму мясного сырья, его структурно-механические и физико-химические свойства, органолептические показатели. Величина, характер, интенсивность, длительность являются результатами действия внешних сил, при механическом воздействии которые, различны в разных типовых механических процессах.

Величина возникающих внутренних напряжений в значительной степени влияет на качество мясосырья, т. к. при этом может выделяться мясной сок или наоборот, происходит поглощение жидкости. Таким образом, регулирование возникающих при механических воздействиях внутренних напряжений в мясном сырье или накладывание на них ограничений в значительной степени ведет к возможности оптимизации качественных показателей мясосырья. Интенсивность механических воздействий определяется величиной воздействия и частотой их приложения. Теоретически оптимальные значения интенсивности воздействий можно найти накладыванием граничных условий, исходя из условий не ухудшения начального качества сырья.

Анализ динамики изменения внутренних напряжений (рис. 1, 2) и числа циклов движения сырья в барабане (рис. 3, 4) показывает, что при изменении угла наклона полок-побудителей от -30° до 30° (при переходе от режима опережающего скатывания сырья к запаздывающему) возрастает величина внутренних напряжений и уменьшается количество циклов обработки.

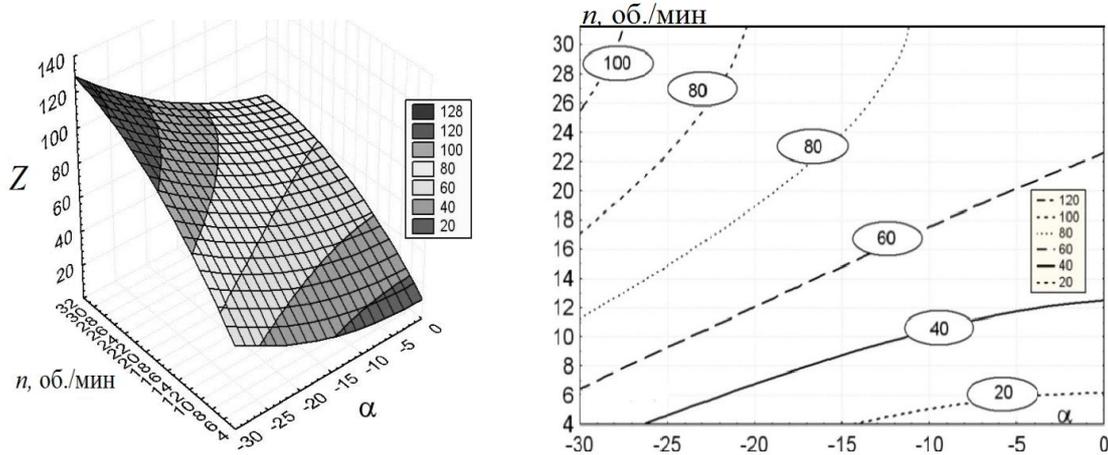


Рис. 3. Зависимость числа циклов движения куска в единицу времени (Z , удар/мин) и изолинии ее сечений (α) от частоты вращения барабана (n , об./мин) и угла наклона полок с опережающим скатыванием продукта

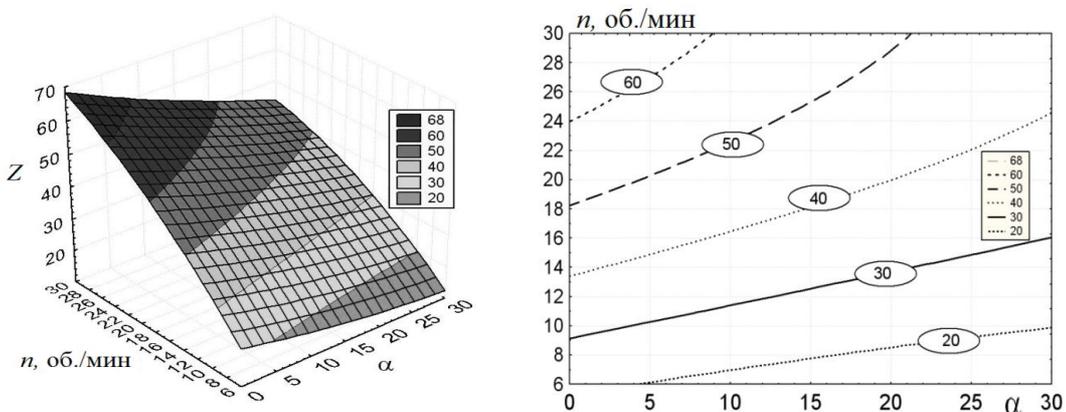


Рис. 4. Зависимость числа циклов движения куска в единицу времени (Z , удар/мин) и изолинии ее сечений (α) от частоты вращения барабана (n , об./мин) и угла наклона полок с запаздывающим скатыванием продукта

При увеличении угла наклона полок (от 0 до -30°) в режиме опережающего скатывания (рис. 1) наблюдается уменьшение величины напряжений и увеличение количества циклов обработки (рис. 3). В данных условиях процесс посола будет проходить менее интенсивно. Данные условия обработки приемлемы при посоле мясного сырья с низким содержанием соединительной ткани или при посоле мясокостных продуктов.

Режим запаздывающего скатывания (рис. 2) приводит к существенному увеличению внутренних напряжений в мясе при его посоле, что связано с увеличением высоты подъема сырья в барабане. Однако число циклов обработки (рис. 4) уменьшается почти в 2 раза. Данные режимы посола мяса могут быть рекомендованы для сырья с высоким содержанием соединительной ткани, которое требует более интенсивной обработки, направленной на механическую тендеризацию и эффективное протекание процессов фильтрационного массопереноса посолочных ингредиентов.

Таким образом, путем регулирования угла наклона полок в конструкциях со сменными побудителями, а также числа оборотов барабана, возможно обеспечение различных режимов обработки сырья с разным содержанием соединительной ткани в технологии производства цельномышечных и реструктурированных мясopодуKтов. Обеспечивая возможность регулирования угла наклона полки во вновь проектируемых установках, можно осуществлять посол различного вида мясного сырья при неизменной частоте вращения барабана-гумблера.

Математическая обработка зависимостей, представленных на рисунках 1–4, посредством программного продукта Statistica 6.0, позволила определить уравнения регрессии в натуральном виде, описывающие данные поверхности отклика.

Уравнение поверхности отклика, полученное для зависимости величины внутренних напряжений (σ , Па), возникающих в куске мяса, от частоты вращения барабана (n , об./мин) и угла наклона полок (α , -30° до 0°) с опережающим скатыванием продукта, имеет вид:

$$\sigma = 1,6912 \cdot 10^5 + 1482,05 \cdot \alpha + 295,116 \cdot n - 20,754 \cdot \alpha^2 - 21,27 \cdot \alpha \cdot n + 6,974 \cdot n^2.$$

Уравнение поверхности отклика, полученное для зависимости величины внутренних напряжений (σ , Па), возникающие в куске мяса, от частоты вращения барабана (n , об./мин) и угла наклона полок (α , 0° до 30°) с запаздывающим скатыванием продукта, имеет вид:

$$\sigma = 1,6485 \cdot 10^5 + 1637,048 \cdot \alpha + 762,786 \cdot n - 17,926 \cdot \alpha^2 - 22,577 \cdot \alpha \cdot n - 3,898 \cdot n^2.$$

Уравнение поверхности отклика, полученное для зависимости числа циклов движения куска в единицу времени (Z , удар/мин) от частоты вращения барабана (n , об./мин) и угла наклона полок (α , -30° до 0°) с опережающим скатыванием продукта, имеет вид:

$$Z = -5,147 + 0,152 \cdot \alpha + 4,51 \cdot n + 0,042 \cdot \alpha^2 - 0,032 \cdot \alpha \cdot n - 0,072 \cdot n^2.$$

Уравнение поверхности отклика, полученное для зависимости числа циклов движения куска в единицу времени (Z , удар/мин) от частоты вращения барабана (n , об./мин) и угла наклона полок (α , 0° до 30°) с опережающим скатыванием продукта, имеет вид:

$$Z = 4,838 - 0,368 \cdot \alpha + 3,036 \cdot n + 0,006 \cdot \alpha^2 - 0,021 \cdot \alpha \cdot n - 0,031 \cdot n^2.$$

Полученные уравнения регрессии могут быть использованы в практических целях для установления оптимальных режимов механической обработки мясного сырья с учетом его структурно-механических и прочностных свойств.

Литература

1. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ (Минсельхоз РФ) «О концепции развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России до 2025 года» от 25.06.2007 г. № 342 [Электронный ресурс]. URL: <http://banner.allmedia.ru>
2. Борисенко А. А. Гумблирование мяса в посоле: монография. Волгоград: ПМГ ГУ ВНИТИ ММС и ППЖ РАСХН, 2001. 210 с.