

и ряд других негативных факторов характерны для большинства регионов страны. Наряду со значительным увеличением объемов выпускаемых мясопродуктов, перед мясной отраслью стоит задача по улучшению качества и ассортимента выпускаемой продукции при наиболее полном и рациональном использовании сырья.

Основу процесса измельчения пищевых продуктов составляют общие понятия о механизме разрушения материалов, способах и видах измельчения, а также взаимосвязь разнообразных факторов, влияющих на процесс измельчения, таких как: структурно-механические свойства продуктов, скорость их деформирования и разрушения, конструктивные особенности рабочих измельчающих органов и энергоёмкость процесса измельчения.

При производстве колбасных изделий и полуфабрикатов широко применяются процессы резания, которые существенным образом оказывают влияние на качество сырья и готовой продукции. В настоящее время процесс измельчения мясного сырья в фарш или шрот осуществляется в основном с помощью относительно медленно вращающихся ножей и неподвижных решеток при непрерывной подаче сырья шнеком. Такие устройства называются волчками.

Известно, что в волчках режущая кромка ножа расположена по радиусу и при вращательном движении линейная скорость режущей части ножа изменяется пропорционально радиусу, что приводит к неоднородности измельчения. Каждая точка режущей кромки имеет свою линейную скорость, поэтому невозможно добиться того, чтобы все полотно ножа одинаково хорошо измельчало мясное сырье. Отсюда, наибольшая эффективность резания наблюдается только на более удаленной от оси вращения части режущей кромки и резко снижается ближе к оси вращения. Структура фарша в сечении получается неоднородная, хорошо измельченная на периферии и хуже — ближе к оси вращения. Конструктивные изменения режущей кромки, например, придание ей серповидной формы или использование разных углов заточки, не дают ощутимого эффекта. При крупном измельчении, например, через приемную решетку или решетку с отверстиями диаметром 25 мм, указанные недостатки не очень заметны, кроме энергетических потерь на привод ножей, но при измельчении через 5- и 3-миллиметровые решетки становится очевидным, что традиционный способ измельчения вращением создает ощутимые недостатки. Условия эксплуатации в режущей паре для решетки и для ножа разные. В наиболее тяжелом положении находится нож, который испытывает большие удельные нагрузки. Процесс резания или сдвиг со стороны ножа осуществляется по прямой линии, а со стороны решетки — по окружности, которая всегда больше по длине прямой линии. Поэтому целесообразнее использовать кардинально новый способ нарезки мяса и мясной продукции. Такой процесс, который обеспечит однородную структуру фарша по всей площади решетки, создаст одинаковые условия для режущего механизма, снизит затраты энергии на процесс резания, повысит надежность и долговечность режущего аппарата.



1. Розанцев Э. Г. Биохимия мяса и мясных продуктов. — М., 2006. — 236 с.
2. Бутейкис Н. Г., Жукова А. А. Технология приготовления мяса. — М.: ПрофОбрИздат, 2001.
3. Богданов Г. А. и др. Оборудование предприятий общественного питания. — М.: Экономика, 2005.
4. Эванс Дж. А. Замороженные пищевые продукты — СПб., 2010. — 448 с.

**Wacław Romaniuk, Katarzyna Biskupska**

*Institut Technologiczno-Przyrodniczy, O/Warszawa, Polska*

**Igor Kruk**

*Białoruski Państwowy Agrarno-Techniczny Uniwersytet, Mińsk, Białoruś*

**Yuri Chigarev**

*Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*

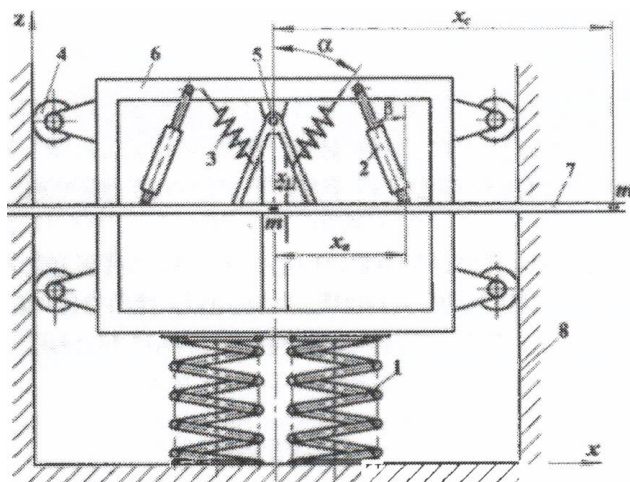
**KONCEPCJA STABILIZACJI WAHAŃ BELKI OPRYSKIWACZA DLA ZWIĘKSZENIA RÓWNOMIERNOŚCI  
ROZDZIELANIA PŁYNNYCH NAWOZÓW NATURALNYCH**

*Streszczenie.* Aplikacja nawozów organicznych przez urządzenia z belkami charakteryzuje się nierównomiernością rozprowadzenia ich na powierzchni pola. Niezależne mocowanie belki opryskiwacza jest głównym kierunkiem zwiększenia równomierności rozprowadzenia nawozów naturalnych (gnojówki i gnojowicy) po powierzchni pola. W artykule przedstawiono badania Głównym kierunkiem zwiększenia

równomierności rozprawdzenia nawozów organicznych po powierzchni pola przy wykorzystaniu opryskiwaczy z belkami jest niezależne mocowanie i system ich stabilizacji. Właśnie w ulepszaniu konstrukcji należy upatrywać rezerwę do obniżania jednostkowego zużycia materiałów, zwiększeniu niezawodności i efektywności pracy maszyn oraz wyższej jakości wykonywanego nimi procesu technologicznego. Artykuł przedstawia system stabilizacji belki w płaszczyźnie pionowej, opisany jest proces powodujący zanikanie drgań w zależności od parametrów belki.

*Wstęp.* Współczesny stopień rozwoju środków mechanizacji charakteryzuje się coraz większymi wymogami w odniesieniu do wydajności pracy, ekologii i ochrony środowiska. Aplikacja nawozów organicznych przez maszyny z belkami charakteryzuje się nierównomiernością rozprawdzenia ich na powierzchni pola. Jest to związane z drganiami belki, które mogą być spowodowane nagłą zmianą prędkości roboczej zestawu oraz zakłóceniami przekazywanymi przy kopiowaniu przez koła nierówności pol. Jest to zauważalne zwłaszcza na końcu cyklu technologicznego przy opróżnianiu zbiornika roboczego. Przy zwiększaniu wydajności opryskiwaczy poprzez zwiększenie szerokości roboczej, problem stabilizacji belki jest bardzo istotny. Niezależne mocowanie i efektywny system stabilizacji belki pozwalają obniżyć jednostkowe zużycie materiałów, zwiększyć niezawodność i wydajność maszyny oraz polepszyć jakość wykonywanego procesu technologicznego.

*Wyniki badań.* Sztywne mocowanie belki do ramy nośnej powodują ograniczoną prędkość przejazdu i szerokość roboczą. Z tego powodu w konstrukcjach maszyn wykorzystuje się niezależne mocowanie belki. Proponowana konstrukcja niezależnego zawieszenia i systemu stabilizacji belki (rys.1) bazuje na wykorzystaniu sprężystych elementów tłumiących drgania. Belka 7 poprzez zawias 5 zamocowana jest na ruchliwej ramce 6, opierającej się w dolnej części na dwóch sprężynach 1, połączonych ze szkieletem maszyny 8. Ramka 6 może się przesuwac w prowadnicach szkieletu za pomocą rolek 4. System stabilizacji belki w płaszczyźnie pionowej jest zapewniony poprzez sprężyste elementy 1, 3 i amortyzatory 2. Dzięki niezależnemu zawieszaniu, belka odbywa złożony ruch w stosunku do szkieletu opryskiwacza: postępowy razem z ramką w prowadnicach i obrotowy względem ramki. Przy ruchu postępowym odbywa się tłumienie drgań sprężynami 1, a przy obrotowym — amortyzatorami 2 i sprężynami 3.



Rys. 1 — Schemat niezależnego wahadlowego zawieszania belki z systemem stabilizacji w płaszczyźnie pionowej

Drgania belki mogą być opisane równaniem Lagrange'a drugiego stopnia:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial E_k}{\partial \dot{q}_1} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial q_1} = Q, \quad (1)$$

gdzie  $t$  — czas;  $q$  — uogólniona współrzędna;  $\dot{q}$  — uogólniona prędkość;  $Q$  — uogólniona siła;  $E_k$  — energia kinetyczna układu.

Rozbijmy ruch układu na przenośny postępowy ruch wraz z centrum mas belki i względny do układu współrzędnych, poruszającego się postępowo razem z tym centrum. Wtedy zgodnie z teorią Konig'a energia kinetyczna systemu w ruchu absolutnym składa się z kinetycznej energii centrum mas  $E_k^c$  i energii kinetycznej belki  $E_k^r$  w stosunku do centrum mas:

$$E_k = E_k^c + E_k^r = \frac{1}{2} m g_c^2 + E_k^r, \quad (2)$$

gdzie  $E_k^c = \frac{1}{2} m g_c^2$ ,  $E_c^r = \frac{1}{2} a \dot{q}_1^2$ ;  $m$  — masa całego układu;  $g_c$  — prędkość centrum mas belki;  $a$  — współczynnik bezwładności. Dla ruchu postępowego układu  $E_k^{(2)} = \frac{m \dot{q}_2^2}{2} = \frac{m \dot{z}^2}{2}$  Równanie Lagrange'a dla ruchu postępowego układu:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial E_k^{(2)}}{\partial \dot{q}_2} \right) - \frac{\partial E_k^{(2)}}{\partial q_2} = Q_n + Q_d, \quad (3)$$

gdzie  $Q_n = -\frac{\partial E_n}{\partial q_2}$ ;  $Q_d = -\mu_a \dot{q}_2 = -\mu_a \dot{z}$  — odpowiednio uogólniona siła potencjalna dwóch równoległych sprężyn 1 i uogólniona dyssypacyjna siła oporu amortyzatorów 2 ( $\mu_a$  — uogólniony współczynnik oporu amortyzatorów,  $q = z$ ).

Dla przyjętych uogólnionych współrzędnych energia potencjalna równa się:

$$E_n = \frac{2c_2 q_2^2}{2} = \frac{2c_2 z^2}{2} = c_2 z^2,$$

gdzie  $c_2 = 2c_1$ ,  $c_1$  — sztywność sprężyny 1; wtedy  $Q_n = -2c_2 z$ .

Wtedy równanie (3) przy  $2b = \frac{\mu_a}{m}$  i  $k = \sqrt{\frac{2c_2}{m}}$  przyjmuje postać  $\ddot{z} + 2b\dot{z} + k^2 z = 0$ .

Oczywiste jest, że w rozpatrywanym układzie występują przypadki dużych oporów  $b > k$ , wtedy możemy zastosować zależność:

$$z = e^{-bt} (C_1 e^{rt} + C_2 e^{-rt}), \quad (4)$$

gdzie  $r = \sqrt{b^2 - k^2}$ ;  $C_1, C_2$  — stałe całkowania.

Jako uogólnioną współrzędną przyjmiemy kąt obrotu belki  $\varphi$ , wtedy:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial E_k}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial \varphi} = -\frac{\partial E_n}{\partial \varphi} + Q_d', \quad (5)$$

gdzie  $E_n'$  — energia potencjalna;  $Q_d'$  — uogólniona siła oporu amortyzatorów.

Energia potencjalna układu składa się z energii pól sił ciężkości  $E_n^T$  i sił sprężystości  $E_n^y$ .  $E_n^T = Pz_c = 0$ , gdyż  $z_c = z_0 = 0$ . Wtedy  $E_n' = cz^2$ , gdzie  $z = \varphi x_1$ ,  $c = c_3 \cos^2 \alpha$  (rys. 1),  $c_3$  — sztywność sprężyny 3.

Uogólniona siła, odpowiadająca energii potencjalnej  $E_n'$  równa się:

$$Q_n' = -\frac{\partial E_n'}{\partial \varphi} = -2c x_1^2 \varphi = -c_n \varphi \quad (c_n = 2c x_1^2). \quad (6)$$

Uogólniona siła  $Q_d'$ , wywołana przez siłę oporu amortyzatorów, prędkości proporcjonalnej  $\bar{F}_c = -v \bar{g}_a$  ( $v$  — wskaźnik proporcjonalności):

$$Q_d' = -\mu' \dot{\varphi}, \quad \left( \mu' = \frac{v x_a^2}{\cos \beta} \right). \quad (7)$$

Ogólnie można przyjąć, że  $z$  w funkcji wykładniczej dąży do zera z jakimś współczynnikiem  $n$ , tzn.  $z \sim C e^{-nt}$ , wtedy  $g_c = \dot{z} = -C n e^{-nt} = D e^{-nt}$ , przy  $D = -C n$ .

Oznaczając moment bezwładności względem osi  $y$  poprzez  $I_{cy}$ , otrzymamy energię kinetyczną:

$$E_k = \frac{m D^2 e^{-2nt}}{2} + \frac{I_{cy} \dot{\varphi}^2}{2}. \quad (8)$$

Wtedy równanie różniczkowe drgań belki opryskiwacza będzie miało postać:

$$\ddot{\varphi} + 2b' \dot{\varphi} + (k')^2 \varphi = B_0 e^{-nt}, \quad (9)$$

gdzie  $2b' = \frac{\mu'}{I_{cy}}$ ;  $k' = \sqrt{\frac{c_n}{I_{cy}}}$ ;  $B_0 = \frac{B x_c}{I_{cy}}$ ;  $B = m C n^2$ .

Rozwiązanie tego równania przedstawimy w postaci  $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$  ( $\varphi_1$  — wspólne rozwiązanie równania bez prawej części;  $\varphi_2$  — jednostkowe rozwiązania pełnego równania):

$$\varphi_1 = e^{-bt} A' \sin(\omega t + \alpha'), \quad \varphi_2 = \frac{B_0}{n^2 - 2b'n + (k')^2} e^{-nt},$$

gdzie  $\omega = \sqrt{(k')^2 - (b')^2}$ ;  $A'$  i  $\alpha'$  — stałe, określone wymogami wyjściowymi.

W takim przypadku,  $\varphi = e^{-bt} A' \sin(\omega t + \alpha') + \frac{B_0}{n^2 - 2b'n + (k')^2} e^{-nt}$ .

Pierwszy członek równania przedstawia zanikające drgania z dekrementem:

$$e^{-bT_1} = e^{-\frac{\pi \nu X_a}{\omega l_{cy} \cos \beta}}, \left( T_1 = \frac{2\pi}{\omega} \right), \left( b' T_1 = \frac{\pi \nu X_a}{\omega l_{cy} \cos \beta} \right).$$

**Podsumowanie.** Niezależne mocowanie belki do ramy maszyny i efektywny system jej stabilizacji pozwalają zwiększyć jakość procesu technologicznego aplikacji nawozów organicznych, zwiększyć niezawodność i wydajność maszyn. Przedstawiona została konstrukcja niezależnego wahadłowego zawieszania belki z układem zanikania drgań w płaszczyźnie pionowej, dla której wykonano badania teoretyczne procesu drgań oraz zaoferowano zależności dla określenia charakterystyk zanikających drgań.

**И. Ю. Новоселова, И. И. Попов, А. В. Майоров**

**Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола**

#### **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БАРАБАННОГО ДОЗАТОРА МУКИ**

При непрерывном тестоприготовительном процессе применяется дозатор непрерывного действия, работающий по объемному принципу. Дозирование муки как основного сырья — одна из важнейших операций технологического процесса приготовления теста. От точности дозировки муки зависит соблюдение установленной рецептуры, а следовательно, и качество изделий. Поэтому основным требованием к дозаторам муки является точность дозировки.

Барабанный дозатор муки ХАТ (рис. 1) относится к дозаторам объемного действия и состоит из корпуса 3, к верхнему фланцу 6 которого крепится патрубок для подачи муки. Нижним фланцем 15 корпус дозатора крепится к тестомесильной машине. Внутри корпуса дозатора установлены: ворошитель 7 типа беличьего колеса, в барабане 12 — ротор 13 с двенадцатью желобками, шибер 10 для регулирования количества подаваемой муки и скребок 14. Снаружи дозатора установлен механический вибратор 8.

Мука из приемного патрубка поступает на вращающийся ворошитель и далее по направляющей плоскости 9 проходит через верхнее окно стационарно установленного барабана 12, заполняя желобки вращающегося ротора. После поворота ротора на  $180^\circ$  мука из желобков через нижнее отверстие барабана поступает в тестомесильную машину. Оставшаяся мука из желобков удаляется скребком 14, который укреплен на рычаге 2 с грузом 7.

Производительность дозатора регулируется путем перекрытия рабочей поверхности ротора шибром 10, который передвигается в направляющих 11. Перемещение шибера производится вращением штурвала 4 винта 5.

Привод барабана дозатора и ворошителя осуществляется от вала тестомесильной машины с помощью цепной передачи.

Однако такой дозатор не обеспечивает высокой точности дозирования, кроме того скребок 14 недостаточно хорошо очищает желобки ротора 13 от оставшейся муки.

Поэтому предлагается усовершенствовать рассматриваемый дозатор. Общий вид модернизированного дозатора показан на рисунке 2. Внутри прямоугольного корпуса 1 на подшипниках 2 качения консольно закреплена питающая крыльчатка 3, выполненная в виде беличьего колеса, внутри которой с некоторым зазором к противоположной стенке корпуса жестко закреплен цилиндр 4.

В корпусе дозатора на некотором расстоянии относительно вертикальной проекции питающей крыльчатки закреплен дозирующий орган 5 (шнек), привод которого связан цепной передачей 6 с питающей крыльчаткой.

Дозирующий орган 5, снабженный спиральными пластинками 7, приваренными концами к цилиндрической поверхности приводного вала, обхватывает с некоторым зазором неподвижный цилиндр 8, прикрепленный к стенке корпуса дозатора, противоположной приводу дозирующего органа.

В основании неподвижного цилиндра, служащем в качестве опоры для крепления его к вертикальной стенке дозатора, имеется полукольцевая щель 9, для перекрытия которой на неподвижной оси цилиндра 8 шарнирно установлена заслонка 10, фиксируемая в нужном положении фиксатором 11.