

Оптимизация формы режущих элементов измельчительного оборудования.

Д.т.н. В.В. Пеленко, к.т.н. Н.А. Зуев, аспиранты Р.Г. Ольшевский,
Р.А. Азаев,
ст. преп. А.В. Кондратов, магистрант В.В. Кузьмин, студент Е.П. Хатченко

Для современных мясо- и рыбоперерабатывающих предприятий по-прежнему актуальной остается задача дальнейшего совершенствования технологических процессов и соответствующего оборудования с целью снижения его энергоемкости, потерь сырья, повышения производительности, улучшения качества выпускаемой продукции.

Одним из важных вопросов, требующих сегодня углубленно исследования, является оптимизация формы режущих элементов таких видов измельчительной техники, как волчки и куттера.

Существует большое число концептуальных критериев, по которым осуществляется конструирование формы режущего элемента. Это вполне естественно, так как режимы, в которых эксплуатируется режущая кромка и тело режущего элемента имеют весьма высокие энергетические характеристики, интенсивные сосредоточенные и распределенные силовые, трибологические и тепловые нагрузки.

Например, скорости движения режущих инструментов достигают 115 м/с, скорость подачи составляет долю около 0,1-0,001. Период перезаточки ножа должен быть не менее 24 часов, однако лишь треть ножей выдерживает нормативный срок службы.

В некоторых работах рассматриваются ножи куттера прямой формы и серповидной с указанием на преимущество первых, отдельные материалы свидетельствуют о перспективе ножа, выполненного по логарифмической спирали с режущей кромкой в виде ломаной линии.

Углубленный анализ позволяет выработать новую концепцию выбора критерия конструирования формы режущей кромки лезвия, а именно, обеспечивать не постоянство угла скольжения, а уменьшения косинуса этого угла по мере удаления от оси вращения в число раз, равное отношению радиуса данной точки режущей кромки к начальному радиусу профиля ножа. В этом случае более точно будет соблюдаться условие постоянства выделяемой в деформируемой среде мощности и напряженно-деформированного состояния пищевого материала для любой точки режущей кромки.

Действительно, так как для классической схемы ножа $P_n = P \cos \beta$, $P_\tau = P \sin$ то мощность, выделяемая от работы нормальной силы P_n , осуществляющей рубящее резание, запишется для двух точек режущей кромки в виде:

$$N_1 = \frac{P \cdot \cos \beta_1 \cdot r_1 d\varphi}{dt}; \quad N_2 = \frac{P \cdot \cos \beta_2 \cdot r_2 d\varphi}{dt}$$

где:

P - усилие резания, определяемое свойствами сырья;

β_i - угол скольжения;

r_i - радиус вектор i -й точки режущей кромки;

$d\varphi$ - элементарный угол поворота ножа за время dt .

Определяя dt из выражения для угловой скорости вращения ножа $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$

и подставляя в значения N_1 и N_2 , получим:

$$r_1 \cos \beta_1 = r_2 \cos \beta_2$$

Теперь совершенно очевидно, что угол скольжения каждой последующей режущей кромки ножа в виде ломаной линии по отношению к углу скольжения предыдущей ломаной линии, начиная от оси вращения ножа, должен подчиняться, в случае соблюдения предложенного энергетического критерия, следующему соотношению:

$$\cos \beta_2 = \frac{r_1}{r_2} \cos \beta_1$$

Логарифмическая спираль, таким образом, не является оптимальной конфигурацией режущей кромки, так как не обеспечивает эквивалентности в отношении выделяемой при резании мощности. Оптимальной кривой является более пологая кривая, форма которой подчиняется критериальному уравнению по мощности:

$$\frac{r_1 \cdot \cos \beta_1}{r_2 \cdot \cos \beta_2} = 1$$

Профилируя форму режущей кромки роторных ножей по предлагаемому критерию, представляется возможность обеспечения равномерности структуры, повышения качества перерабатываемого продукта, производительности оборудования и снижения энергоемкости процесса измельчения.

Следующим важным выводом из полученного результата является необходимость упорядочивания и согласования, расположения отверстий в решетках волчков с профилем режущей кромки ножа, таким образом, чтобы минимизировать количество одновременно осуществляемых резов в зоне отверстий с целью снижения пульсаций режущих усилий и, как следствие, снижения энергопотребления.