

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Красноярский государственный аграрный университет

## **МАШИНЫ ДЛЯ РЕЗАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И СЫРЬЯ**

*Методические указания к выполнению  
курсовых и дипломных работ*

Красноярск 2009

*Рецензент*

*В.Н. Холопов, д-р техн. наук, проф. каф. АТЛМ СибГТУ*

*Составители:*

Самойлов В.А.

Невзоров В.Н.

**Самойлов, В.А.**

Машины для резания пищевых продуктов и сырья: метод. указания к выполнению курсовых и дипломных работ / В.А. Самойлов, В.Н. Невзоров; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2009. – 38 с.

Приводятся способы резания сырья и пищевых продуктов, краткие описания машин и механизмов для осуществления процессов резания, проводятся методики расчета производительности механизмов и затрат энергии на осуществление рабочих процессов.

Предназначено для студентов специальности 260601.65 (170600) «Машины и аппараты пищевых производств» по дисциплине «Технологическое оборудование».

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Красноярского государственного аграрного университета

© Красноярский государственный  
аграрный университет, 2009

## Введение

Для инженера пищевой промышленности необходимо не только знать устройство, принцип работы и особенности машин и аппаратов, но и уметь рассчитать и разработать их лучшую конструкцию.

Процесс резания широко применяется в свеклосахарной, консервной и других отраслях пищевой промышленности, а также на предприятиях общественного питания.

В данных методических указаниях рассмотрено технологическое оборудование для резания продуктов и растительного сырья, приведены теоретические сведения и расчеты, даны примеры расчета оборудования и контрольные задачи.

Целью работы является изучение устройства машин для резки продуктов, изучение особенностей конструкции механизмов и условий организации безопасного обслуживания этих машин, а также закрепление теоретических знаний студентов, привитие им навыков научно-исследовательской и конструкторской работы, научить обрабатывать и оформлять экспериментальные данные, критически оценивать результаты исследований и творчески применять их для оформления курсовых и дипломных работ.

## 1. Общий подход к расчету режущих машин

Резание – разделение материала с приданием ему заданной формы, размеров и качества поверхности. Устройства для резания классифицируют:

а) по назначению: для резания хрупких, твердых, упруговязкопластичных и неоднородных материалов;

б) по принципу действия: на периодические, непрерывные и комбинированные;

в) по виду режущего инструмента на: пластинчатые, дисковые, струнные, гильотинные, роторные, струйные (жидкостные и пневматические), ультразвуковые и лазерные;

г) по характеру движения режущего инструмента: с вращательным, возвратно-поступательным, плоскопараллельным, поворотным и вибрационным движением;

д) по характеру движения материала при резании и по виду его крепления.

Резание заключается в разрушении некоторого слоя материала непосредственно под режущей кромкой инструмента под влиянием давления на нее со стороны инструмента. Разрушающийся слой материала иногда называют граничной зоной. По мере продвижения инструмента данный слой подвергается вначале упругой, а потом пластической деформации (рис. 1). Если напряжение превышает предел прочности, происходит его разрушение и продвижение через него режущей кромки инструмента. Работа в процессе резания затрачивается на создание упругой и пластической деформации, а также на преодоление трения инструмента о разделяемые части материала.

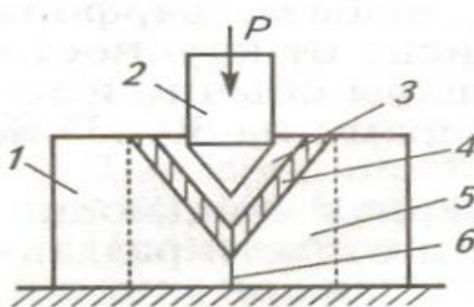


Рисунок 1 – Схема зоны резания материала:

- 1 – разрезаемый материал; 2 – режущий инструмент;
- 3 – зона пластических деформаций; 4 – зона упругих деформаций;
- 5 – зона воздействия инструмента; 6 – линия разрушения

Обозначим усилие, которое необходимо приложить к кромке ножа длиной 1 м для разрушения материала, через  $P$  (Н/м), а площадь резания через  $L\delta$ , где  $L$ ,  $\delta$  – соответственно длина и ширина разреза, м.

Тогда работа резания (Дж):

$$A = PL\delta. \quad (1.1)$$

Отнеся работу к  $1 \text{ м}^2$ , получим удельную работу резания  $A_{\text{уд}}$  (Дж/м<sup>2</sup>). Характерные значения  $P$  и  $A_{\text{уд}}$  приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характерные значения усилия резания и удельной работы резания

Материал	Усилие резания $P$ , Н/м	Удельная работа резания $A_{\text{уд}}$ , Дж/м <sup>2</sup>
Морковь	1380...1570	1380...1570
Свекла	885...1580	885...1580
Картофель	590...685	590...685

Значения усилий  $P$  можно существенно (в 5 раз и более) уменьшить, если нормальные напряжения на схеме (см. рис. 3) частично заменить касательными. Для этого движение режущего инструмента в той же мере заменяется на касательное. В общеупотребительных терминах это соответствует изменению рубящего движения ножа на скользящее. В ряде случаев для этого достаточно искривить режущую кромку ножа. При этом нож принимает иногда сложную форму.

Наиболее производительные машины для резания применяют на сахарных заводах. Такая машина представляет собой горизонтальный вращающийся диск с лопастями и накрывающий его неподвижный барабан. В прорезях барабана устанавливают рамы с ножами. Диск вращается с частотой 70 об/мин при средней линейной скорости в районе ножей 8 м/с. Барабан заполняют свеклой, которая, попадая на диск, прижимается центробежной силой к ножам и режется в стружку. Профиль последней определяется формой ножей.

В мясной и консервной промышленности широко применяют машины для резки мяса, хлеба, картофеля и свеклы, называемые волчками. Конструкция их напоминает бытовую мясорубку. Реза-

ние осуществляется парой режущих инструментов – неподвижной ножевой решеткой (декой) и плоским вращающимся ножом. Материал подается шнеком в зону резания, вдавливается в решетку и подрезается вращающимися плоскими ножами, прижимающимися к решетке. Частота вращения шнека для тихоходных волчков 100...200, быстроходных – более 300 об/мин.

В зависимости от принципа работы овощерезки подразделяются на дисковые, роторные, пуансонные и комбинированного действия.

Режущие рабочие инструменты овощерезок – ножи – могут быть различной формы: прямолинейной, криволинейной (серповидной) и в виде режущих отверстий (терок) или ножевых решеток.

У *дисковых овощерезок* ножи различной формы укреплены на вращающемся опорном диске. Продукт прижимается к поверхности диска вручную или в результате попадания его между стенкой камеры и диском вследствие вращения. Толщина нарезки зависит от расстояния между поверхностью диска и лезвием ножа, а форма нарезки – от формы лезвия. При вращении лезвия от зажато го продукта срезается слой, который под действием собственного веса падает в подставленную тару. Продукт становится тоньше, опускается ниже и вновь прижимается к диску. Процесс продолжается до нарезки всего продукта. Для нарезки продукта брусочками на ножевом диске устанавливаются комбинированные ножи (укороченные ножи с гребенками), подрезающие продукт в двух плоскостях. Терка – стальной лист с отверстиями, края которых отогнуты и заточены, позволяет получать нарезку соломкой, а также тонкое измельчение овощей и фруктов.

В *роторных овощерезках* загруженный в камеру продукт зажимается между расположенными под углом пластинами вращающегося ротора и неподвижной цилиндрической стенкой камеры и скользит по ней. При движении вдоль стенки продукт наталкивается на вертикально расположенные лезвия (ножи или ножевые гребенки). Слой продукта толщиной, равной расстоянию между лезвием и стенкой камеры, отрезается, а остальная часть продукта продолжает движение до встречи с другим лезвием.

В *пуансонных овощерезках* продукт целиком продавливается через ножевую решетку поршнем, который совершает возвратно-поступательное движение. При этом можно получить фигурную форму нарезки: чесночками или брусочками различной конфигурации в зависимости от формы отверстий ножевых решеток.

В *овощерезках комбинированного действия* продукт нарезается сначала вращающимся двухлопастным ножом на кругляши, а затем проталкивается этим же ножом через ножевую решетку, в результате чего происходит нарезка кубиками или брусочками.

Производительность резательных машин при принудительной подаче продукта  $\Pi$  (кг/с):

$$\Pi = Fv\varphi\rho, \quad (1.2)$$

где  $F$  – площадь сечения потока продукта, м<sup>2</sup>;

$v$  – скорость потока, м/с;

$\varphi$  – коэффициент, учитывающий отклонение фактической производительности от расчетной;

$\rho$  – плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>.

Мощность электродвигателя резательных машин  $N$  (кВт):

$$N = WPk\eta/\eta_m\eta_1, \quad (1.3)$$

где  $W$  – удельная работа резания, кДж/м<sup>2</sup>;

$k$  – коэффициент использования режущей способности машины;

$P$  – режущая способность машины, м<sup>2</sup>/с;

$\eta$  – коэффициент запаса мощности электродвигателя на случай пуска машины под нагрузкой ( $\eta = 1,25 \dots 1,35$ );

$\eta_m$  – механический КПД ( $\eta_m = 0,75 \dots 0,80$ );

$\eta_1$  – коэффициент, учитывающий расход энергии на подачу и отвод продукта ( $\eta_1 = 0,90 \dots 0,95$ ).

Площадь  $F$  (м<sup>2</sup>), приходящаяся на разрезание 1 кг продукта, определяется по формуле

$$F = (zf - z_0f_0)/2, \quad (1.4)$$

где  $z, z_0$  – соответственно количество кусочков до и после измельчения, шт.;

$f, f_0$  – площадь боковой поверхности кусочков до и после измельчения, м<sup>2</sup>.

При проектировании машин размеры и количество ножей, их скорость определяют по режущей способности ножей, которая находится из формулы:

а) для многодисковых или многоленточных машин:

$$P = 60 \sum_{i=1}^n h_i v_i x_i, \quad (1.5)$$

где  $h_i$  – толщина разрезаемого продукта, м;

$v_i$  – скорость подачи продуктов, м/с;

$x_i$  – количество ножей в одной группе, шт.

Для машин с серповидными ножами:

$$P = 1800 S z_0 \omega / \pi, \quad (1.6)$$

где  $S$  – площадь среза слоя продукта, находящегося в чаше или желобе машины, м<sup>2</sup>;

$\omega$  – частота вращения ножей, с<sup>-1</sup>;

$z_0$  – количество ножей, шт.;

б) для машин с плоскими ножами, совершающими поперечные разрезы продукта, движущегося со скоростью  $v_n$ :

$$P = abv_n/c,$$

где  $a, b$  – поперечные размеры сечения продукта, подаваемого на резание, м;

$c$  – расстояние между ножами по длине продукции, м.

### Технические характеристики основных резательных машин и механизмов

**Машина А9-КРВ «Ритм»** предназначена для измельчения различных видов корнеплодов на кубики, столбики и кружки.

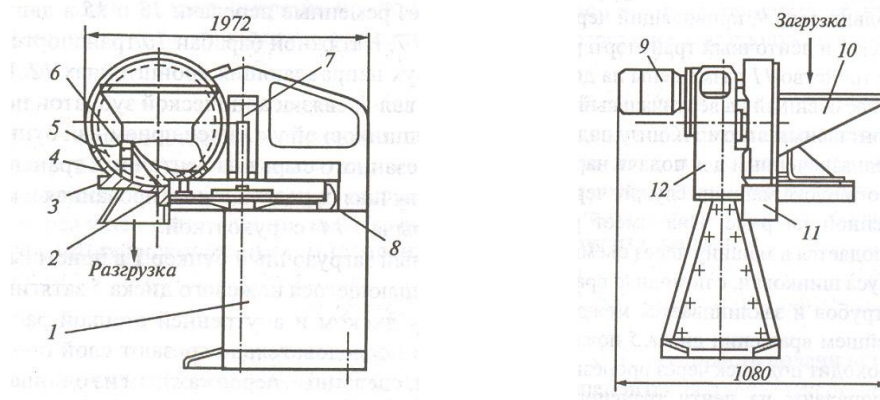


Рисунок 2 – Машина А9-КРВ «Ритм»



Машина имеет сварную станину (1), на которой смонтированы фланцевый электродвигатель (9) с редуктором (12), питатель (4), угловая приставка (7). Внутри питателя (4) вращается барабан (5), состоящий из двух дисков с тремя лопастями (6) между ними. Барабан (5) соединен с тихоходным валом редуктора (12). С торца к питателю крепится загрузочный бункер (10), а в его нижней части установлены неподвижный плоский нож (3), сменная гребенка (2) ножей продольного среза и разгрузочный лоток (11).

На выходной части первой ступени редуктора (12) находится угловая приставка (7), на вертикальный вал (1) которой насажен горизонтальный диск (8) с закрепленными на нем ножами поперечного среза. Приставка (7) устанавливается только при резке сырья на кубики. Сырье из загрузочного бункера (10) попадает во вращающийся барабан (5), центробежной силой отбрасывается к стенке питателя (4) и лопастями (6) смещается вниз, к гребенчатым ножам (2). Гребенчатые ножи надрезают продукт в продольном направлении на глубину, равную высоте ножа. На ту же глубину, но в поперечном направлении продукт надрезается ножами, находящимися на вращающемся диске (8). Затем надрезанный слой продукта срезается неподвижным плоским ножом (3), и срезанные кубики падают в разгрузочный лоток (11).

При резке продукта на столбики необходимо снять угловую приставку (7), а при резке продукта на кружки снимают еще и сменную гребенку (2) с ножами продольного среза. Для изменения размеров измельчаемого сырья в машине предусмотрены сменные рабочие органы.

**Шинковальная машина МШ-10000** предназначена в основном для шинкования капусты, но может использоваться и для резки корнеплодов.

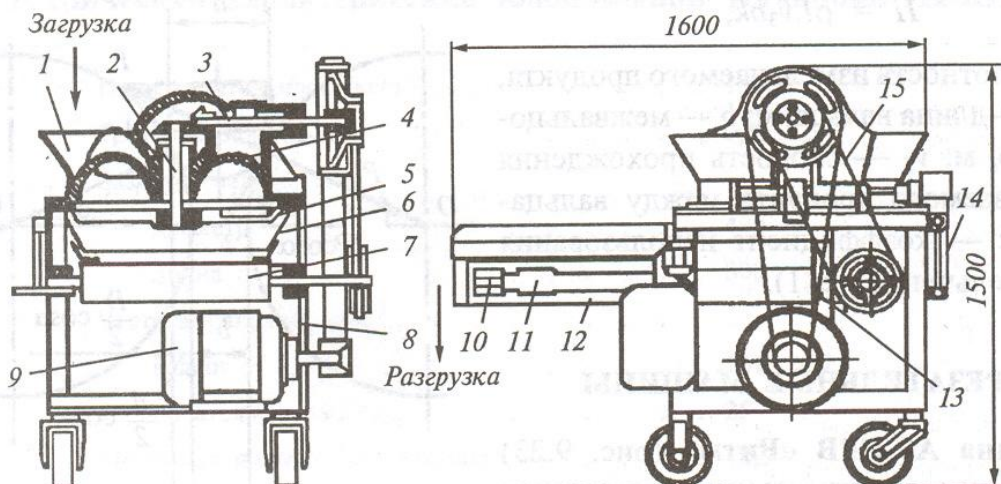


Рисунок 3 – Шинковальная машина МШ-10000

Машина МШ-10000 состоит из смонтированной на колесах сварной рамы (8), в верхней части которой установлен корпус шинковки (4) с двумя улиткообразными, открытыми снизу раструбами и с насаженным на вертикальный вал горизонтальным ножевым диском (5). В нижней части рамы (8) находится площадка, на которой закреплен электродвигатель (9), приводящий через ременные передачи (13) и (15) в движение ножевой диск (5) и ленточный транспортер (7). Натяжной барабан (10) транспортера (7) и натяжное устройство (11) размещены на двух направляющих кронштейнах (12). Ножевой диск (5), насаженный на вертикальный вал (2), связан конической зубчатой передачей с горизонтальным валом (3). Снизу под шинковкой укреплен приемный бункер (6) с лотком, предназначенный для подачи нарезанного сырья на ленточный транспортер (7). Для ручного пуска машины служит червячная передача, смонтированная в коробке, укрепленной на раме. Она имеет рычаг (14) с рукояткой.

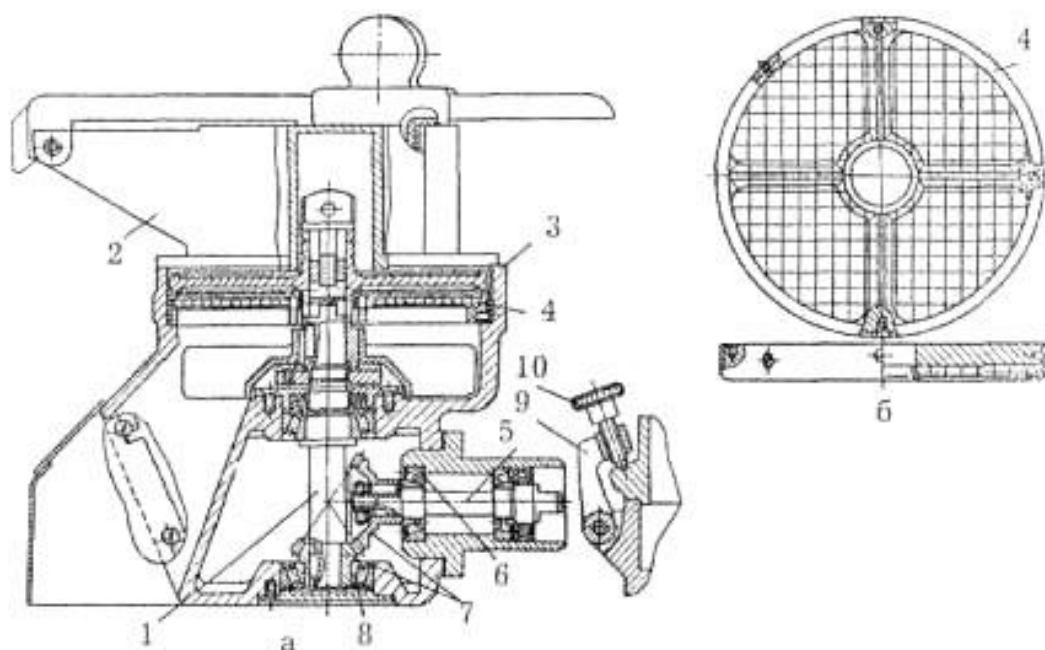
Сырье подается в машину через съемный загрузочный бункер (1) в приемные раструбы корпуса шинковки, с помощью вращающегося ножевого диска (5) затягивается внутрь раструбов и заклинивается между диском и внутренней стенкой раструба. При дальнейшем вращении диска (5) ножи последовательно срезают слой продукта, который проходит под диск через прорезы, сделанные перед каждым из одиннадцати ножей, и попадают на ленту транспортера.

Таблица 2 – Техническая характеристика резательных машин

Показатель	А9-КРВ «Ритм»	МШ-10000
Производительность в зависимости от вида сырья и размеров нарезаемого продукта, кг/ч	До 2000	До 10000
Размеры нарезаемых кубиков, мм	10x10x10; 7x7x7	Стружка длиной не менее 5 мм
Частота вращения ножевого диска, мин <sup>-1</sup> , при резке на кубики размером, мм:		
10x10x10	455	210
7x7x7	655	210
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	4,0
Скорость движения ленты транспор-	—	2,08

тера, м/с		
Габаритные размеры, мм	1080x1972x1505	1600x1020x1500
Масса, кг	380	500

**Овощерезательный механизм МО** входит в комплект к универсальному приводу универсальной кухонной машины УКМ. Корпус механизма (3) крепится на горловине универсального привода, внутри которого находится коническо-зубчатая передача (7). Входной вал (5) с помощью хвостовика крепится к валу универсального привода, а на выходной вал (1) устанавливаются рабочие органы. Валы (5), (1) соответственно опираются на роликовые подшипники (6), (8). Загрузочное устройство (2) крепится к корпусу с помощью откидных кронштейнов (9) с винтами (10) для фиксации (откидной болт). Механизм комплектуется двумя серповидными ножами, двумя комбинированными ножами, терочным диском и ножевыми решетками (4), такими же, как и машина МРО-50-200. Кроме того, механизм комплектуется специальным щитком, предотвращающим разбрасывание нарезанного продукта при выпадении из разгрузочного лотка, который надевается на разгрузочное окно лотка.



*Рисунок 4 – Овощерезательный механизм МО:  
а – разрез; б – ножевая решетка*

**Овощерезательный механизм МС 10-160** входит в комплект универсального привода ПУ-0,6 и служит для нарезки сырых овощей. Состоит из корпуса, который закрепляется на горловине привода. В

корпус вставляется вал, один конец которого хвостовиком входит в зацепление с валом привода, а на другой конец устанавливаются сменные ножевые диски. В комплект данного механизма входят ножи для нарезки овощей ломтиками, соломкой. Толщина нарезки регулируется с помощью гайки. На корпус крепится загрузочный бункер улиткообразной формы, который прижимается к корпусу с помощью откидного болта. В нижней части корпуса находится разгрузочное окно, откуда в подставленную тару выпадают нарезанные овощи. Крепление ножевых дисков к валу осуществляется с помощью шпонки.

*Принцип действия.* После включения машины овощи попадают в улиткообразный бункер, зажимаются между стенкой бункера и вращающимся диском. Выступающие над поверхностью диска ножи отрезают от продукта ломтик, который под действием собственного веса выпадает в подставленную тару.

**Правила эксплуатации овощерезок.** Перед включением машин производят их осмотр: проверяют надежность заземления, прочность крепления загрузочных бункеров, воронок и рабочих инструментов, а также санитарное состояние. После этого машину проверяют на холостом ходу. Подготовленные овощи (очищенные, промытые, разрезанные на половинки или четвертушки, у капусты – с удаленной кочерыжкой) загружают при включенном двигателе. Запрещается просовывать руки в камеру обработки, проталкивать или поправлять застрявший продукт руками. Это может быть причиной травм и несчастных случаев.

При эксплуатации сменных механизмов универсальных приводов после сантехнического осмотра включают привод вхолостую, выключают его, закрепляют механизм, вновь включают вхолостую для проверки механизма. Запрещается присоединять сменный механизм при работающем двигателе. Убедившись в исправности, приступают к работе.

После окончания работы привод выключают, разбирают машину или механизм и промывают все части до полного удаления остатков продуктов, затем просушивают и смазывают кромки ножей пищевым несоленым жиром. Периодически проверяют заточку ножевых лезвий и при необходимости их затачивают.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Под действием каких сил осуществляется процесс резания?
2. Особенности конструкций режущих машин.
3. Какие ножи используются в режущих машинах?
4. Какова толщина стружки продукта?
5. Как оценить эффективность работы режущей машины?
7. В каких машинах используются быстро вращающиеся диски для пищевой промышленности?

## 2. Определение характеристик режущих машин

*Производительность, кг/с:*

$$\Pi = \frac{\varphi F}{F_1(1+\alpha)}, \quad (2.1)$$

где  $F$  – режущая способность ножа, м<sup>2</sup>/с;

$\varphi$  – коэффициент использования режущей способности ножа;

$\alpha$  – отношение длительности подготовительных операций к длительности резания (для непрерывно действующих машин равен нулю);

$F_1 = (mf_1 - mf)/2$  – площадь поверхности раздела, получаемая при резании единицы массы, м<sup>2</sup>/кг;

$m_1, m$  – число кусков в 1 кг продукта соответственно до и после резания;

$f_1, f$  – поверхность одного куска до и после резания, м<sup>2</sup>.

При тонком измельчении произведением  $mf$  пренебрегают ( $mf \rightarrow 0$ ).

Для дисковых и многоленточных машин

$$F = hV_n Z_0, \quad (2.2)$$

где  $h$  – средняя толщина продукта, м;

$V_n$  – скорость подачи продукта, м/с;

$Z_0$  – число ножей.

Для машин с серповидными ножами

$$F = 60SZ_0n, \quad (2.3)$$

где  $S$  – площадь среза, м<sup>2</sup>;

$n$  – частота вращения ножей, об/мин.

Для машин с пластинчатыми ножами роторного или ленточного типа

$$F = S_1 V_n / c, \quad (2.4)$$

где  $S_1$  – площадь сечения продукта в направлении, перпендикулярном направлению подачи,  $\text{м}^2$ ;

$c$  – расстояние между ножами по длине, м.

*Мощность электродвигателя резательной машины, кВт:*

$$N = \frac{W F_1 \Pi}{1000 \eta_n \eta_m}, \quad (2.5)$$

где  $W$  – лобовое сопротивление резанию, Н/м.

## 2.1. Расчет машин с пластинчатыми ножами

### 2.1.1. Расчет хлеборезательных машин

Производительность хлеборезательных машин, кг/с

$$\Pi = \frac{v_n q}{l}, \quad (2.6)$$

где  $v_n$  – скорость подачи материала, м/с;

$q$  – масса буханки хлеба, кг;

$l$  – ширина буханки, м.

Производительность хлеборезки может быть определена следующим образом:

$$\Pi = \frac{m}{t_3 + t_0}, \quad (2.7)$$

где  $m$  – масса нарезаемой порции хлеба, кг;

$t_3$  – время подачи хлеба в зону резания ( $t_3 = 10 \dots 15$  с);

$t_0 = l / (n_g \cdot \delta)$  – время нарезания, с;

$l$  – длина подаваемой порции хлеба, мм;

$n_g$  – частота вращения приводного вала,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\delta$  – толщина отрезаемых ломтиков хлеба, мм.

С учетом ряда важных факторов (конструктивные особенности

машины, количество и размеры отрезаемых кусков, количество отходов и брака) при непрерывной подаче продукта производительность хлеборезательной машины, кг/с

$$P = K_0 K_k K_g v_n \rho h b (z + 1), \quad (2.8)$$

где  $K_0$  – коэффициент, учитывающий количество крошки и брака, равный отношению количества полученного продукта к количеству переработанного продукта ( $K_0 = 0,92 \dots 0,99$ );

$K_k$  – коэффициент, зависящий от режима резания и типа конструкции подающего устройства; для ленточных транспортеров  $K_k = 0,92 \dots 0,96$ , для подающих устройств с жесткой характеристикой  $K_k = 1$ ;

$K_g$  – коэффициент, учитывающий неравномерность высоты хлеба;

$\rho$  – плотность хлеба, кг/м<sup>3</sup>;

$h, b$  – соответственно высота и толщина куска хлеба, м;

$z$  – число ножей.

Общая мощность привода резательной машины, кВт:

$$N = N'_1 + N'_2 + N'_3, \quad (2.9)$$

где  $N'_1$  – мощность, необходимая для привода механизма резания, кВт;

$N'_2$  – мощность, необходимая для преодоления сопротивления подаче, кВт;

$N'_3$  – мощность, необходимая для привода транспортеров ( $N'_3 = 0,15 \dots 0,20$  кВт).

$$N'_1 = \frac{K_{mp} 0,7 R_1 v_1 l m_n}{1000 \eta_1}, \quad (2.10)$$

где  $K_{mp}$  – коэффициент, учитывающий трение в направляющих ножевых рам и силы инерции ( $K_{тр} = 1,4 \dots 1,5$ );

$R_1$  – усилие резания, Н/см ( $R_1 = R \sin \mu$ );

$R$  – общее сопротивление резанию, в зависимости от продолжительности выдержки сухарных плит, величина  $R = 3 \dots 7$  Н/см;

$l$  – активная длина пластинчатого ножа, равная высоте сухар-

ной плиты;  
 $\mu$  – угол трения (из опытных данных  $\mu = 40...45^\circ$ );  
 $v_1$  – максимальная скорость резания, м/с ( $v_1 = \omega r$ );  
 $\omega$  – угловая скорость вращения кривошипа или коленчатого вала,  $c^{-1}$ ;  
 $r$  – радиус кривошипа или коленчатого вала, м;  
 $\eta_1$  – КПД привода механизма резания;  
 $m_n$  – число ножей в ножевых рамах;

$$N'_2 = \frac{m_n R_2 v_2 l}{1000 \eta_2}, \quad (2.11)$$

где  $R_2$  – усилие подачи ( $R_2 = R \cos \mu$ );  
 $v_2$  – скорость подачи, м/с;  
 $\eta_2$  – КПД привода механизма подачи.

### 2.1.2. Расчет свеклорезательных машин

Возможен расчет производительности свеклорезательных машин (кг/с) по формуле

$$P = L \delta z v_p \rho K_1 K_2 K_3, \quad (2.12)$$

где  $L$  – длина режущей кромки ножа, м (для типовых машин с плоскими ножами  $L = 0,330...0,335$  м);  
 $\delta$  – средняя толщина стружки, м;  
 $z$  – число режущих устройств;  
 $v_p$  – скорость резания, м/с;  
 $\rho$  – плотность свеклы,  $кг/м^3$  ( $\rho = 1050$   $кг/м^3$ );  
 $K_1$  – коэффициент объемного уплотнения свеклы;  
 $K_2$  – конструктивный коэффициент;  
 $K_3$  – эксплуатационный коэффициент.

Толщину стружки выбирают в зависимости от качества свеклы и конструкции диффузионных аппаратов. По данным Э.В. Островского, для диффузионных аппаратов наклонного типа толщина пластинчатой стружки свежей свеклы – от 1,0 до 1,5 мм, замороженной может достигать 2,5 мм.

При получении желобчатой стружки производительность



свеклорезательной машины увеличивается на 30% по сравнению с производительностью при получении пластинчатой стружки. Толщина желобчатой стружки зависит от высоты ножа  $a$ ;

$$\delta = \frac{a}{\sqrt{2}}. \quad (2.13)$$

На высоту подъема ножа влияет необходимая толщина свекловичной стружки, конструкция и шаг ножей (табл. 3), а также качество перерабатываемой свеклы. Количество режущих устройств зависит от конструкции свеклорезательной машины, его выбирают из условия обеспечения заданной производительности. Скорость резания определяется типом свеклорезательной машины, качеством исходного сырья и требованиями технологического процесса. С.М. Гребенюк рекомендует принимать следующие значения скоростей резания: для центробежных машин 6,7...9,65, дисковых 8 и барабанных 7,4 м/с. Как показали исследования Э.В. Островского, при использовании плоских ножей скорость резания может быть повышена до 12 м/с.

Таблица 3 – Высота подъема ножа, мм

Шаг ножей, мм	Планка	Толщина стружки, мм				
		0,7	0,8	1,0	1,5	2,0
4	Подвижная	2,0	2,5	3,0	—	—
4	Неподвижная	2,5	—	3,0	—	—
5	Подвижная	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
5	Неподвижная	3,0	—	3,5	4,0	4,5
6	Подвижная	—	3,5	4,0	4,5	5,0
6	Неподвижная	3,5	—	4,0	4,5	5,0

Коэффициент объемного уплотнения  $K_1$  учитывает неравномерность распределения свеклы в рабочем объеме машины и зависит от угловой скорости ротора. По результатам исследований на сахарных заводах Э.В. Островским было установлено, что изменение коэффициента  $K_1$  для свежей свеклы при изменении угловой скорости  $\omega$  ротора от 5 до 20 рад/с и скорости резания от 3 до 12 м/с может быть выражено следующим эмпирическим уравнением:

$$K_1 = 1,38 \cdot 10^{-5} \omega^{3,4} + 0,56. \quad (2.14)$$

Конструктивный коэффициент  $K_2$  учитывает степень использования ножей в машине и зависит от ее конструкции. С.М. Гребенюк рекомендует следующие значения коэффициента  $K_2$ : для центробежных свеклорезательных машин 0,9, дисковых 0,85 и барабанных 0,5.

Коэффициент  $K_2$  может быть найден по формуле, предложенной Э.В. Островским:

$$K_2 = 1 - \frac{Bz}{\pi D_1} \quad (2.15)$$

где  $B$  – ширина контрножа лопасти ротора,  $M$ ;

$Z$  – число контрножей ротора;

$D_1$  – внутренний диаметр корпуса машины, м.

Эксплуатационный коэффициент  $K_3$  равен отношению времени непрерывной работы машины в течение суток в часах к длительности суток в часах. При наличии резервной машины коэффициент  $K_3$  равен 0,9, а при отсутствии ее – 0,8.

Мощность, потребная для привода свеклорезательной машины, зависит от ее конструкции, количества и длины ножей, скорости резания, длины и формы стружки и скорости подачи свеклы.

Общая мощность привода, кВт:

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6}{\eta_{\text{пр}}}, \quad (2.16)$$

где  $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6$  – мощность, потребная на преодоление сил трения свеклы о внутреннюю поверхность корпуса машины; на преодоление сил сопротивления резанию свеклы; для ускорения массы свеклы в роторе до скорости резания, на преодоление сил трения между корнями свеклы при поступлении их из бункера в ротор; на преодоление сил трения свеклы по днищу ротора; для преодоления сопротивления воздуха при вращении ротора, кВт;

$\eta_{\text{пр}}$  – КПД привода.

$$N_1 = 2 \cdot 10^{-3} \pi P_p h \omega r_k^2 f K_2 K_3, \quad (2.17)$$

где  $P_p$  – удельное усилие прижатия свеклы к корпусу, Па;

$h$  – высота слоя свеклы (принимается равной длине режущей

кромки ножа), м;

$\omega$  – угловая скорость вращения ротора, рад/с;

$r_k$  – внутренний радиус корпуса машины, м;

$f$  – коэффициент трения свеклы о материал корпуса машины;

$K_2$  – конструктивный коэффициент, определяемый по формуле (2.15);

$K_3$  – коэффициент поверхностной несплошности.

Для проектировочного расчета свеклорезательных машин рекомендуются следующие значения удельного усилия прижатия:

Скорость резания, м/с ..... 5 7 9 11 12

Удельное усилие, кПа ..... 10 21 38 59 74

Коэффициент  $K_3$  для свежей свеклы при угловой скорости ротора от 8 до 20 рад/с может быть определен по эмпирическому уравнению:

$$K_3 = 0,23 \cdot 10^{-5} \cdot \omega^{3,9} + 0,68; \quad (2.18)$$

$$N_2 = 10^{-3} q_x L z r_p \omega K_4 K_5, \quad (2.19)$$

где  $q_x$  – удельная сила сопротивления резанию, Н/м;

$L$  – длина режущих кромок ножей одного режущего устройства, м;

$z$  – число режущих устройств;

$r_p$  – радиус резания, равный расстоянию от центра вращения ротора до вершины ножа: для дисковых свеклорезок принимают радиус, проходящий через середину режущей кромки ножей;

$K_4$  – коэффициент линейной несплошности;

$K_5$  – коэффициент, учитывающий перекрытие части режущих устройств контрножами лопастей ротора.

Э.В. Островским предложено эмпирическое уравнение для определения удельной силы резания, Н/м:

$$q_x = 66v^{0,2}(l + 1,81v^{0,36}), \quad (2.20)$$

где  $v$  – скорость резания, м/с.

Уравнение (2.20) справедливо при изменении скорости резания от 5 до 12 м/с и толщине пластинчатых ножей 1,5 мм. При увеличении радиуса закругления режущей кромки ножа от 15 мкм (острый нож) до 63 мкм (затупившийся нож) повышаются силы ре-

зания для свежей свеклы на 23 %. Средние значения силы резания замороженной свеклы на 50 % выше, чем свежей.

На усилия резания влияют также качество свеклы, толщина и форма стружки, конструкция ножей и состояние режущей кромки (табл. 4).

Таблица 4 – Удельное усилие резания, Н/м

*	Длина стружки, мм						
	7...8	9..10	11...13	14..16	17...21	22...27	28...34
Желобчатая	1770	1570	1420	1330	1230	–	–
Пластинчатая	–	–	–	1080	981	882	784

Коэффициент  $K_4$  для свежей свеклы при изменении угловой скорости ротора от 8 до 20 рад/с и диаметре корпуса 1,2 м можно определить по формуле Э.В. Островского:

$$K_4 = 4 \cdot 10^{-4} \omega^{1,7} + 0,82. \quad (2.21)$$

Значение коэффициента  $K_5$  зависит от конструкции ротора (ширины контрножей и их количества), шага размещения режущих устройств и диаметра корпуса машины. Например, для трехлопастного ротора с шириной контрножа 0,13 м при диаметре корпуса 1,2 м и семи режущих устройствах  $K_5 = 1$ .

В свеклорезательных машинах центробежного типа непрерывно осуществляется разгон поступающей в ротор массы свеклы до скорости резания:

$$N_3 = 0,5 \cdot 10^{-3} Q \omega^2 r_k^2. \quad (2.22)$$

На преодоление сил трения между поступающими в ротор корнями свеклы потребляется мощность  $N_4$ , зависящая от производительности машины:

Производительность, тыс. т/сут.	До 1,0	1,1..2,0	2.1.3,0	3,1..4,0
Мощность, кВт	8	7	6	5

Мощность, необходимая на преодоление сил трения свеклы по днищу ротора, кВт:

$$N_5 = 10^{-3} f Q (r_n - r_в), \quad (2.23)$$

где  $f$  – коэффициент трения свеклы;

$r_n, r_в$  – наружный и внутренний радиусы днища.

Доля мощности  $N_5$  в общей мощности машины незначительна, и ее можно не учитывать.

Мощность  $N_6$  для типовых свеклорезательных машин от 0,3 до 1 кВт. Меньшее значение следует принимать для машины с радиусом ротора 0,6 м, большее – с 0,8 м.

Результаты исследований Э.В. Островского показали, что на преодоление трения свеклы о внутреннюю поверхность корпуса и режущие устройства потребляется более 70% мощности привода машины, а на само резание – менее 20 %.

### 2.1.2. Расчет роторных овощерезательных машин

Производительность *роторных машин* непрерывного действия, кг/с:

$$П = F_0 v_0 \rho \varphi K, \quad (2.24)$$

где  $F_0$  – площадь щели, через которую выходят отрезанные ломтики,  $m^2$  ( $F_0 = hl$ );

$h$  – толщина ломтика, м;

$l$  – длина ножа, м);

$v_0$  – скорость продвижения отрезаемых ломтиков через щель, м/с ( $v_0 = \omega r$ ),

$\omega$  – угловая скорость ротора, рад/с;

$r$  – внутренний радиус рабочей камеры, м;

$\rho$  – насыпная масса, кг/м<sup>3</sup>;

$\varphi$  – коэффициент использования длины лезвия,  $\varphi = 0,4, \dots, 0,6$ ;

$K$  – коэффициент использования площади боковой поверхности рабочей камеры, зависящий от количества лопастей  $z$  (при  $z = 2$   $K = 0,1 \dots 0,15$ ; при  $z = 3$   $K = 0,15 \dots 0,2$ ),  $K = F_n / F_k$ ;

$F_n$  – площадь боковой поверхности, занимаемая продуктом, находящимся в контакте с заклинивающей гранью лопасти и поверхностью рабочей камеры, м<sup>2</sup>.

Мощность роторных овощерезательных машин в случае нарезания продукта брусочками, кВт:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (2.25)$$

где  $N_1$  – мощность, необходимая для нарезания продукта ножами, кВт;

$N_2$  – мощность, необходимая для преодоления сил трения продукта о стенку рабочей камеры, кВт;

$\eta$  – КПД передачи.

Первая составляющая мощности:

$$N_1 = M \omega K_1, \quad (2.26)$$

где  $M$  – момент сопротивления вращению ротора, возникающий в результате нарезания продукта ножами, Н·м:

$$M = Pr, \quad (2.27)$$

где  $P$  – проекция результирующего усилия, приложенного к ножу, на направление скорости резания, Н:

$$P = P_1 + P_2(\sin\alpha + f\cos\alpha) + P_3f; \quad (2.28)$$

где  $P_1$  – усилие резания продукта ножами, расположенными параллельно плоскости опорного диска, Н:

$$P_1 = q(r_{max} - r_{min})\varphi_n, \quad (2.29)$$

где  $q$  – удельное сопротивление продукта резанию, приходящееся на единицу длины лезвия, Н/м;

$(r_{max} - r_{min})$  – длина лезвия ножа, м;

$\varphi_n$  – коэффициент использования длины лезвия,  $\varphi_n < 1$ ;

$P_2$  – усилие на сгибание отрезаемого ломтика, Н:

$$P_2 = 5/6\alpha Gh(r_{max} - r_{min})\varphi_n, \quad (2.30)$$

где  $\alpha$  – угол заточки ножа, рад;

$G$  – модуль сдвига, для картофеля  $G=(0.7...0,1)10^6$  Па, для моркови  $G=(1,8...2,1) \cdot 10^6$  Па, для свеклы  $G= (1,5.. 1,65) 10^6$  Па;

$f$  – коэффициент трения продукта о рабочую и опорную грани ножей ( $f= 0,5$ ).

$P_3$  – усилие прижатия продукта к опорной грани ножа, Н.

$P_3$  рассчитывается по формуле

$$P_3 = \frac{1}{\operatorname{tg}\Theta - f}(P_1 + a P_2), \quad (2.31)$$

где  $\theta$  – угол наклона лопасти;

$a$  – коэффициент, определяется по формуле

$$a = \sin a + f \cos a + \cos a \operatorname{tg} \theta - f \sin a \operatorname{tg} \theta; \quad (2.32)$$

$K_1$  – коэффициент перерывов в резании продукта:

$$K_1 = \frac{d_{cp}}{2\pi r} z_{л}, \quad (2.33)$$

где  $d_{cp}$  – средний диаметр разрезаемого продукта, м;

$r$  – радиус рабочей камеры, м;

$z_{л}$  – число лопастей.

Вторая составляющая мощности

$$N_2 = M_{mp} \omega, \quad (2.34)$$

где  $M_{mp}$  – момент сопротивления вращению ротора от трения продукта о стенку рабочей камеры, Н·м.

$$M_{mp} = F_u f r z_{л}, \quad (2.35)$$

где  $F_u$  – центробежная сила, действующая на продукт при его вращении вместе с ротором, Н.

$$F_u = m \omega^2 \left( r - \frac{d_{cp}}{2} \right), \quad (2.36)$$

где  $m$  – средняя масса одного клубня продукта, находящегося между лопастью и стенкой рабочей камеры, кг.

Производительность *дисковых овощерезательных машин* (кг/с) можно рассчитать по общей формуле определения производительности машин непрерывного действия

$$П = F_0 v_0 \rho \varphi, \quad (2.37)$$

где  $F_0$  – рабочая площадь опорного диска, м<sup>2</sup>;

$v_0$  – средняя скорость продвижения разрезаемого продукта в направлении, перпендикулярном поверхности диска, м/с;

$\rho$  – насыпная масса продукта, кг/м<sup>3</sup>;



$\varphi$  – коэффициент использования рабочей площади опорного диска.

Возможен расчет производительности дисковой овощерезки (в кг/с) также по следующей формуле

$$П = 0,0166fhnz\varphi\rho, \quad (2.38)$$

где  $f$  – площадь среза, м<sup>2</sup>;

$h$  – высота срезаемого слоя, м;

$n$  – частота вращения диска, мин<sup>-1</sup>;

$z$  – число ножей на диске;

$\varphi$  – коэффициент, учитывающий отклонение фактической производительности от расчетной ( $\varphi = 0,6...0,7$ );

$\rho$  – насыпная плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>.

Для овощерезательных машин УММ-10 с заклинивающим устройством рабочая площадь, м<sup>2</sup>:

$$F_0 = \pi (r_{max}^2 - r_{min}^2), \quad (2.39)$$

где  $r_{max}$ ,  $r_{min}$  – расстояние от оси вращения соответственно до начала и конца лезвия, м.

Для овощерезательных машин, в которых продукт при резании прижимается к опорному диску толкателем,  $F_0$  является площадью загрузочного отверстия. Для круглых загрузочных отверстий

$$F_0 = \frac{\pi D_0^2}{4}, \quad (2.40)$$

где  $D_0$  – диаметр отверстия, м.

Для сегментных загрузочных отверстий рабочая площадь, м<sup>2</sup>:

$$F_0 = 0,5[lr - a(r - c)], \quad (2.41)$$

где  $l$  – длина сегмента, м;

$r$  – радиус этой дуги, м;

$a$  – длина хорды, м;

$c$  – глубина сегмента, м.

Скорость перемещения продукта, м/с,

$$V_0 = \frac{hnz_p}{60}, \quad (2.42)$$

где  $h$  – толщина отрезаемых ломтиков продукта, м;

$n$  – частота вращения диска, мин<sup>-1</sup>;

$z_p$  – число ножей, расположенных параллельно поверхности опорного диска.

Коэффициент использования рабочей площади диска

$$\varphi = \frac{F}{F_0}, \quad (2.43)$$

где  $F$  – площадь, занимаемая разрезаемым продуктом на опорном диске, м<sup>2</sup>.

Для овощерезательных машин с заклинивающим устройством в виде винтовой поверхности при вертикальном расположении опорного диска  $\varphi = 0,1 \dots 0,2$ , для машин МРО 50-200  $\varphi = 0,3 \dots 0,4$ .

Мощность дисковых овощерезательных машин рассчитывают, исходя из того, что для их работы необходимо, чтобы энергии машины хватило бы на разрезание продукта ножами, параллельными опорному диску, на сгибание ломтиков, на преодоление сил трения продукта о рабочую и опорную грани ножей, а также об опорный диск. При нарезании брусочками, кроме того, мощность необходима на разрезание продукта ножами, перпендикулярными плоскости опорного диска, и на преодоление трения продукта об эти ножи.

Мощность электродвигателя, кВт:

$$N = M\omega = \frac{P r_{cp} \omega z_p}{z}, \quad (2.44)$$

где  $M$  – момент сопротивления вращению рабочего органа, Н·м;

$\omega$  – угловая скорость опорного диска, рад/с;

$P$  – проекция результирующего усилия, приложенного к ножу со стороны продукта на плоскость опорного диска, Н;

$r_{cp}$  – средний радиус окружности расположения ножей, м;

$\eta$  – КПД передачи.

В случае нарезания продукта на ломтики для расчета  $P$  используются формулы (2.30)....(2.32).

Для овощерезательных машин с вертикальным расположением опорного диска усилие прижатия:

$$P_{3a} = \frac{1}{\operatorname{tg}\theta - f} \cdot (P_1 + a P_2 + G_1), \quad (2.45)$$

где  $G_1$  – вес продукта в камере обработки, Н;  
 $(90^\circ - \theta)$  – угол подачи продукта под нож, рад;  
 $a$  – коэффициент:

$$a = \sin\alpha + f \cos\alpha + \cos\alpha \operatorname{tg}\theta - f \sin\alpha \operatorname{tg}\theta. \quad (2.46)$$

Для овощерезательных машин с горизонтальным расположением опорного диска усилие прижатия

$$P_{3z} = \frac{1}{\operatorname{tg}\theta - f} \cdot (P_1 + a P_2 G_1 \operatorname{tg}\theta) \quad (2.47)$$

Для овощерезательных машин, в которых продукт удерживается толкателем и стенками загрузочного устройства,

$$P_3 = P_m + G_1, \quad (2.48)$$

где  $P_T$  – усилие проталкивания, Н.

При работе на дисковых овощерезательных машинах необходимо следить за остротой режущих кромок рабочих инструментов и при необходимости осуществлять их заточку, так как при работе затупленными ножами и терочными дисками снижаются качество нарезания продукта и производительность.

Производительность барабанной корнерезки, кг/с:

$$П = 0,052 D n b h \rho \varphi, \quad (2.49)$$

где  $D$  – диаметр корпуса, м;

$n$  – частота вращения барабана,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$b$  – ширина лопасти, м;

$\varphi$  – коэффициент использования режущего инструмента, равный 0,15...0,4.

Мощность электродвигателя для привода резальных машин (кВт) может быть рассчитана по следующей формуле

$$N = \frac{W_{\varphi} F K_1}{K_2 \eta}, \quad (2.50)$$

где  $W$  – удельный расход энергии на резку (для моркови  $W = 1,4 \dots 1,6$ ; для лука  $1,7 \dots 1,8$ ; для капусты  $1 \dots 1,2$ ; для свеклы  $0,9 \dots 1,1$ ; для картофеля  $0,6 \dots 0,7$  кДж/м<sup>2</sup>);

$\varphi$  – коэффициент использования режущей способности машины, равный  $0,6 \dots 0,7$  для овощерезок и  $0,15 \dots 0,4$  для корнерезок;

$F$  – режущая способность машины, м<sup>2</sup>/с;

$K_1$  – коэффициент запаса мощности, равный  $1,25 \dots 1,35$ ;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий расход энергии на подачу и отвод продукта и равный  $0,9 \dots 0,95$ ;

$\eta$  – КПД привода, равный  $0,65 \dots 0,85$ .

Режущая способность машины, м<sup>2</sup>/с:

$$F = \sum f_i, \quad (2.51)$$

где  $f_i$  (то есть  $f_1, f_2$ , и т. д.) – площади срезов, образуемых одной группой ножей, м<sup>2</sup>/с.

$$f = (0,3 \dots 0,6) \frac{P}{a\rho}, \quad (2.52)$$

здесь  $P$  – производительность машины, кг/с;

$a$  – размер стороны кубика, бруска и т. п., на которые режется продукт, м.

## 2.2. Расчет ножей на прочность

При внедрении лезвия в слой материала на его режущей кромке и в гранях возникают усилия, которые вызывают разрушение и износ лезвия ножа (рис. 5).

Режущая способность лезвия определяется не только углом его заточки  $\alpha$ , но и остротой лезвия  $\rho = 2r$  (здесь  $r$  – радиус закругления лезвия).

Быстрое изнашивание и затупление лезвия приводят к возрастанию энергоемкости процесса резания.

Уменьшение режущей способности лезвия происходит также и за счет отламывания заточенной вершины лезвия в результате действия на нее изгибающих сил. Их возникновение неизбежно из-за отклонения реакции усилия резания от биссектрисы угла заточки лезвия и неоднородности материала.

На рисунке 5 показана схема сил, вызывающих разрушение лезвия.

При угле установки ножа  $\gamma$  реакция силы резания  $P$ , приложенная к кромке лезвия, отклонена от биссектрисы угла заточки на угол  $\psi = \gamma + \alpha / 2$ .

Сила резания  $P$  разлагается на составляющие: нормальную  $P_n$ , направленную по биссектрисе угла:

$$P_n = P \cos(\gamma + \alpha / 2), \quad (2.53)$$

и перпендикулярную к ней  $P_k$ :

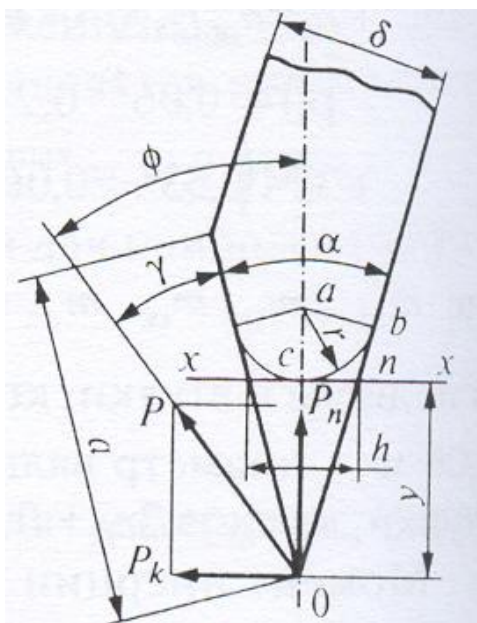


Рисунок 5 – Расчетная схема лезвия ножа

(10.27)

Под действием  $P_k$  лезвие изгибается. Величина изгибающего момента в некотором сечении х-х на расстоянии  $y$  равна

$$M_u = P_k y. \quad (2.55)$$

Напряжение на изгиб в этом сечении

$$\sigma_{\dot{\epsilon}} = \frac{M_u}{W} = \frac{P_k y}{bh^2/6} = \frac{6P_k y}{bh^2}, \quad (2.56)$$

где  $W$  – момент сопротивления лезвия;

$h$  – толщина лезвия в сечении х-х;

$b$  – длина лезвия.

Из треугольника  $Ocn$  (рис. 5)  $h = 2y \operatorname{tg} \alpha / 2$ . Тогда:

$$\sigma_{\dot{\epsilon}} = \frac{6P_k y}{(2y \operatorname{tg} \alpha / 2)^2} = \frac{3P_k}{2y \operatorname{tg}^2 \alpha / 2}, \quad (2.57)$$

Отсюда расстояние  $y$ , определяющее место излома кончика лезвия

$$y = \frac{3P_k}{2[\sigma_u] \operatorname{tg}^2 \alpha / 2}, \quad (2.58)$$

где  $[\sigma_u]$  – допускаемое напряжение на изгиб материала ножа из треугольника  $Oab$  (рис. 5)

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{r}{r + y}, \quad (2.59)$$

где  $r$  – радиус кривизны лезвия в месте излома. Учитывая, что острота лезвия  $\rho = 2r$ ,

$$r = \frac{\rho}{2} = y \frac{\sin \alpha / 2}{1 - \sin \alpha / 2} \quad (2.60)$$

Тогда

$$\rho = \frac{3P_k \left[ 1 + \frac{1}{\sin \alpha / 2} \right]}{[\sigma_u]}. \quad (2.61)$$

Подставим в (2.61) значение  $P_k$  из (2.54), получим оптимальное значение остроты лезвия при данном угле заточки, обеспечивающее максимальную стойкость к излому

$$\rho = \frac{3P \sin(\gamma + \alpha/2)}{[\sigma_u]} \cdot \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha/2}\right). \quad (2.62)$$

Тогда условие стойкости лезвия к изгибу при выбранной его геометрии:

$$[\sigma_u] = \frac{3P \sin(\gamma + \alpha/2) \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha/2}\right)}{\rho}. \quad (2.63)$$

Угол заточки ножа  $\alpha$  связан с толщиной ножа  $\delta$  и размером снимаемых при заточке фасок зависимостями:  $\sin \alpha = \delta/a$  при односторонней заточке;  $\sin \alpha = \delta/2a$  при двусторонней заточке (здесь  $\delta$  – толщина ножа;  $a$  – ширина фаски).

Пример. Определить производительность и мощность привода корнерезки для резки картофеля на кубики размером  $7 \times 7 \times 9,5$  мм. Диаметр корпуса машины  $D=0,4$  м, ширина лопасти  $b = 0,15$  м, частота вращения барабана  $n=180$  мин<sup>-1</sup>. Можно принять насыпную плотность картофеля  $\rho=700$  кг/м<sup>3</sup>; коэффициент использования режущего инструмента  $\phi=0,4$ ; КПД передачи  $\eta=0,68$ .

По формуле (2.48) определяем производительность машины, кг/с

$$\Pi = 0,052 D n b h \rho \phi = 0,052 \cdot 0,4 \cdot 180 \cdot 0,15 \cdot 0,007 \cdot 700 \cdot 0,4 \cdot 1,1.$$

По формулам (2.51) и (2.52) определяем режущую способность машины, м<sup>2</sup>/с

$$F = f_1 + f_2 + f_3;$$

$$f_1 = f_2 = (0,3 \dots 0,6) \Pi / (\alpha \rho) = (0,3 \dots 0,6) \cdot 1,1 / (0,007 \cdot 700) = 0,067 \dots 0,135;$$

$$f_3 = (0,3 \dots 0,6) \Pi / (\alpha \rho) = (0,3 \dots 0,6) \cdot 1,1 / (0,0095 \cdot 700) = 0,05 \dots 0,1.$$

Принимая большие значения,  $F = 2 \cdot 0,135 + 0,1 = 0,37$  м<sup>2</sup>/с.

По формуле (2.50), с учетом величин удельного расхода энергии на резку картофеля  $W=0,65$  кДж/м<sup>2</sup>, коэффициента запаса мощности  $K_1=1,3$  и коэффициента  $K_2=0,9$ , учитывающего рас-

ход энергии на подачу и отвод продукта, определяем мощность привода корнерезки, кВт.

$$N = \frac{W\varphi F K_1}{K_2 \eta} = \frac{0,65 \cdot 0,4 \cdot 0,37 \cdot 1,3}{0,9 \cdot 0,68} = 0,2.$$

### Контрольные задачи

1. Производительность корнерезки составляет 1600 кг моркови в час. Найдите частоту вращения барабана, если диаметр его 0,3 м, ширина 0,12 м, высота срезаемого слоя 0,01 м, насыпная плотность сырья 660 кг/м<sup>3</sup>.

2. Определите производительность и мощность привода хлеборезательной машины при резке формового хлеба из пшеничной муки. Хлеб подается ленточным транспортером со скоростью 0,02 м/с. Число ножей  $z=4$ . Размеры буханки: высота 150 мм; толщина 80 мм. Угловая скорость кривошипа 150 об/мин, его радиус 0,05 м. КПД приводов механизмов резания и подачи равны 0,84.

3. Определите производительность овощерезки с числом ножей на диске равным 6, частота вращения диска 120 об/мин. Площадь среза 0,02 м<sup>2</sup>, высота срезаемого слоя 0,006 м. Насыпная плотность материала 600 кг/м<sup>3</sup>.

4. Определите производительность и мощность конфеторезательной машины с дисковыми ножами, в которой конфетный пласт плотностью 1200 кг/м<sup>3</sup> разрезается на корпуса с размерами сторон 10x20x40 мм. Скорость ленты подающего конвейера машины 3 м/мин. На валу расположено 20 ножей. Наружный диаметр дисковых ножей – 140 мм, частота вращения – 60 об/мин. Общий КПД привода – 0,7, а длина подающего конвейера – 1,5 м. Коэффициент учета возвратных отходов – 1,0 и коэффициент сопротивления движению ленты конвейера – 10.

5. Определите производительность овощерезки, диск которой вращается с частотой 100 мин<sup>-1</sup>. Число ножей на диске – 4, площадь среза – 0,02 м<sup>2</sup>, высота срезаемого слоя 0,005 м, насыпная плотность продукта – 620 кг/м<sup>3</sup>.

6. Сравните производительность двух дисковых овощерезок по следующим техническим данным: площадь среза 0,03 и 0,025 м<sup>2</sup>, высота срезаемого слоя 0,01 и 0,007 м, насыпная плотность продукта



588 и 540 кг/м<sup>3</sup>, частота вращения дисков – 120 и 110 мин<sup>-1</sup>, число ножей – 4 и 7, коэффициент  $\varphi = 0,6$  и  $0,7$ .

7. Определите, насколько возросла производительность дисковой овощерезки после модернизации, если вместо диска с семью ножами установлен диск с одиннадцатью ножами, площадь среза увеличилась с 0,03 до 0,04 м, частота вращения диска возросла со 100 до 110 мин<sup>-1</sup>. Высота среза – 0,007 м, насыпная плотность продукта – 600 кг/м<sup>3</sup> и величина  $\varphi = 0,6$  остались без изменения.

8. Подберите оптимальные размеры барабана корнерезки, производительность которой равна 0,2 кг/с при высоте срезаемого слоя 0,007 м, насыпной плотности сырья – 650 кг/м<sup>3</sup> и частоте вращения барабана – 470 мин<sup>-1</sup>.

9. Рассчитайте производительность комбинированной корнерезки по следующим данным: диаметр барабана – 0,5 м, ширина его – 0,2 м, частота вращения – 180 мин<sup>-1</sup>, насыпная плотность продукта – 690 кг/м<sup>3</sup>, высота среза – 0,005 м.

10. Определите производительность, корнерезки, исходя из следующих данных:

D, м	0,3	0,5	0,4	0,5	0,3
b, м	0,2	0,155	0,12	0,16	0,15
h, м	0,01	0,007	0,005	0,007	0,005
n, мин <sup>-1</sup>	200	250	300	320	400
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	650	670	640	660	675
$\varphi$ , ..	0,2	0,3	0,15	0,25	0,22

11. Рассчитайте мощность электродвигателя для привода овощерезки, режущая способность которой 0,04 м<sup>2</sup>/с, если удельный расход энергии на резку равен 1,6 кДж/м<sup>2</sup>, а КПД привода 0,75. Остальными величинами, необходимыми для расчета, задайтесь в соответствии с рекомендациями.

12. При измельчении лука на овощерезке с режущей способностью 0,026 м<sup>2</sup>/с необходимая мощность составила 0,05 кВт. Какому КПД привода она соответствует?

13. Определите мощность электродвигателя для привода корнерезки, используемой для измельчения свеклы, если КПД привода равен 0,75, коэффициент запаса мощности 1,35, а режущая способность 0,03 м<sup>2</sup>/с.

14. Найдите мощность электродвигателя для привода овощерезок и корнерезок по следующим данным:

$W, \text{кДж/м}^2$	1,4	1,8	1,0	0,6	1,1
$\varphi$ . . . . .	0,25	0,6	0,7	0,2	0,18
$F, \text{м}^2/\text{с}$ . .	0,042	0,05	0,038	0,018	0,032
$K_1$ . . . . .	1,35	1,25	1,3	1,25	1,35
$\eta$ . . . . .	0,84	0,81	0,80	0,76	0,79
$K_2$ . . . . .	0,90	0,95	0,91	0,92	0,89

## Библиографический список

1. Остриков, А.Н. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевой промышленности: учеб. для вузов / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 352 с.
2. Машины и аппараты пищевых производств: в 2 кн. / С.Т. Анитипов [и др.]; под ред. В.А. Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001. – 1527 с.
3. Практикум по курсу «Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств»: учеб. пособие/А. Н. Остриков, В.Е. Игнатов, В.Е. Добромиров, А.А. Шевцов. – Воронеж: Гос. техн. акад. Воронеж, 1997. – 192 с.
4. Расчеты и задачи по процессам и аппаратам пищевых производств / С.М. Гребенюк [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1987. – 304 с.
5. Ситников, Е.Д. Практикум по технологическому оборудованию консервного и пищевого концентратного производств / Е.Д. Ситников. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 416 с.
6. Кошевой, Е.П. Практикум по расчетам технологического оборудования пищевых производств / Е.Д. Кошевой. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 232 с.

## Приложение

### Насыпная плотность и удельная теплоемкость пищевых продуктов

Продукт	Насыпная плотность кг/м <sup>3</sup>	Удельная теплоемкость кДж/(кг·К)
1	2	3
Абрикосы	550.. 640	3,77. ..3,88
Айва	620	3,75. .3,77
Алыча	610	3,74. .3,99
Апельсины	490	3,73. ..3,77
Арбузы	400	3,77. ..3,935
Баклажаны	400	3,77. ..3,98
Бобы какао	510.. .610	2,26
Брюква	600	3,6
Виноград	425. ..640	3,45. ..3,89
Вишня	700. .770	3,60.. .3,85
Говядина	950	2, 51... 3,35
Горошек зеленый	350. ..400	3,52 ..3,68
Горох целый	750 ..800	1,84
Горох половинками	700	1,84
Груши	350.. .600	3,60. ..3,81
Дыня	400	3,81
Ежевика	630	3,64. ..3,77
Земляника	500. ..650	3,68. ..3,98
Кабачки	400	3,77. .4,02
Какао-порошок	510. ..720	1,99
Капуста кочанная	400. ..650	3,89. ..3,90
Капуста цветная	450	3,76. ..3,81
Капуста брюссельская	200. .220	3,77
Картофель	640. .750	3,43. .3,68
Кизил	720	3,81
Клубника	500. .650	3,81 ..3,85
Клюква	410	3,77. .3,81
Крахмал картофельный	630.. 700	1,14. .1,88
Крахмал кукурузный	540. ..650	1,14. ..1,8
Крупа:		
гречневая	580.. 710	2,43. .2,81
манная	650	1,84
овсяная	500 ..580	1,67
перловая	680 ..730	2,81. ..2,85
пшеничная	730.. .850	1,38.. .1,88
пшеничная	730	1,84
рисовая	600. .800	1,76 ..1,84
ячневая	680	1,84

Продолжение прил.

1	2	3
Крыжовник	400.. 600	3,81. ..3,89
Кукуруза в зерне	600 ..820	1,59. ..2,22
Кукуруза в початках	770	3,22
Лимоны	490	3,77
Лук-порей	300	4,02
Лук репчатый	600.. .740	2,64. ..3,64
Макаронные изделия (без утряски)	305. ..461	1,84
М а л и на	350... 650	3,82... 3,89
Мандарины	500	3,77
Маргарин столовый	930	3,18. ..3,27
Масло:		
кукурузное	920.. .928	2,01
оливковое	914. .929	2,01
подсолнечное	925. . .927	1,93
хлопковое	921	1,93
Молоко сгущенное без сахара	1100	1.94. ..3,15
Молоко:		
сухое	600. .659	1,93.. .2,09
цельное	1029. .1032	3,85
Морковь	550 ..650	3,14.. 3,94
Мука:		
кукурузная	560	1,67. ..1,88
пшеничная в. с.	500. .520	1,67. ..1,88
пшеничная 1 с.	610	1,67. ..1,88
ржаная	550	1,67 ..1,88
Огурцы	620	3,89. ..4,08
Пастернак	450	3,73
Патока крахмальная	1450	2,60
Перец сладкий	300	3,77. ..3,90
Персики	520. .650	3,48. ..3,85
Петрушка-корень	350	3.60
Репа	550	3,98
Рябина	420	3,44. ..3,74
Сахар-песок	7 20... 900	0,71. ..1,26
Сахарная пудра	660	0,88
Сахар-рафинад	1600	1,36
Свекла	600. ..780	3,35. ..3,90
Свинина	935 ..945	2.13 ..3,81
Сельдерей	350	3,81
Слива	600. .720	3,31. .3,81
Смородина	680	3,64. ..3,89
Соль пищевая	2160	0,92 ..1,34

Окончание прил.

1	2	3
Спаржа	375. 520	3,935 ...3.85
Ткемали	610	3,89
Томаты	600	4,02. ..4,05
Томатопродукты при содержании сухих веществ:		
5%	1020,4	4,049
9%	1037,4	3,938
12%	1050,2	3,855
18%	1072,3	3.689
30%	1126,6	3,357
Тыква	400	3,68. ...3,98
Укроп	120	3,68. ...3,81
Фасоль (бобы)	750. . 770	3,68
Черешня	690. .700	3,77. ...3,81
Чеснок	410 ..600	3,14. ...3,81
Шпинат	130.. 170	3,85
Щавель	130... 170	3,68. ...3,81
Яблоки	585. . 650	3,77. ...3.91

# **МАШИНЫ ДЛЯ РЕЗАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И СЫРЬЯ**

*Методические указания к выполнению  
курсовых и дипломных работ*

Составители:  
Самойлов В.А.  
Невзоров В.Н.

*Редактор К.О. Тимофеева*

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.  
Подписано в печать .02.2009. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.  
Печать – ризограф. Объем п.л. Тираж 110 экз. Заказ №

Издательство Красноярского государственного аграрного университета  
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117