

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

В.А. Самойлов, В.Н. Невзоров, А.И. Ярум

МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

*Методические указания к выполнению
лабораторных и практических работ*

Красноярск 2015

Рецензент

*В.Н. Холопов, доктор технических наук, профессор кафедры АТЛМ
Сибирского государственного технического университета*

Самойлов, В.А.

Машины для измельчения растительного сырья: метод. указания к выполнению лабораторных и практических работ / В.А. Самойлов, В.Н. Невзоров, А.И. Ярум; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 16 с.

Издание содержит описание общих технических характеристик машин для измельчения растительного сырья, вопросы для самопроверки, контрольные задачи и список рекомендуемой литературы.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 151000.62 «Технологические машины и оборудование».

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Красноярского государственного аграрного университета

ВВЕДЕНИЕ

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

В издании рассмотрено технологическое оборудование для резания растительного сырья, приведены теоретические сведения, даны примеры оборудования и контрольные задачи.

Целью работы являются изучение устройства машин для резки растительного сырья, особенностей конструкции машин и условий организации безопасного обслуживания, а также закрепление теоретических знаний студентов, привитие им навыков научно-исследовательской и конструкторской работы, обработки и оформления экспериментальных данных, критической оценки результатов исследований и творческого применения их для оформления лабораторных, практических, 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) принципу действия – на периодические, непрерывные и комбинированные;

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

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

д) 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 (рисунок 1). Если напряжение превышает предел прочности, происходят 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.

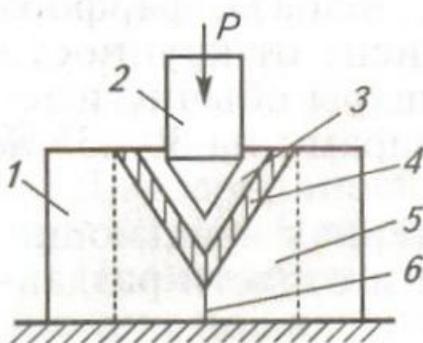


Рисунок 1 – Схема зоны резания материала:

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 , δ – соответственно длина и ширина разреза, м, тогда работа резания (Дж)

$$A = PL\delta.$$

Отнеся работу к 1 м^2 , получим удельную работу резания $A_{\text{уд}}$ (Дж/м²). 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 ²
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 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 мин^{-1} 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 консервной промышленности широко применяют машины для резки картофеля и свеклы, называемые волчками. Конструкция их напоминает бытовую мясорубку. Резание осуществляется парой режущих инструментов – неподвижной ножевой решеткой (декой) и плоским вращающимся ножом. Материал подается шнеком в зону резания, вдавливается в решетку и подрезается вращающимися плоски-

ми ножами, прижимающимися к решетке. Частота вращения шнека для тихоходных волчков 100-200, быстроходных – более 300 мин⁻¹.

В зависимости от принципа работы овощерезки бывают дисковыми, роторными, пуансонными 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 зажатого 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 Π определяется следующим образом:

$$\Pi = Fv\varphi\rho,$$

где F – площадь сечения потока продукта, м²;

v – скорость потока, м/с;

φ – коэффициент, учитывающий отклонение фактической производительности от расчетной;

ρ – плотность продукта, кг/м³.

Мощность электродвигателя резательных машин N

$$N = WPk\eta/\eta_m\eta_l,$$

где W – удельная работа резания, кДж/м²;

k – коэффициент использования режущей способности машины;

P – режущая способность машины, м²/с;

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

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

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

Площадь F , приходящуюся на разрезание 1 кг продукта, определяют по формуле

$$F = (zf - z_0f_0)/2,$$

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

f, f_0 – площадь боковой поверхности кусочков до и после измельчения, м².

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

а) из формулы для многодисковых или многоленточных машин

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

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

$$P = 1800S z_0 \omega / \pi,$$

где S – площадь среза слоя продукта, находящегося в чаше или желобе машины, м²;

ω – частота вращения ножей, с⁻¹;

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.

2. Технические характеристики резательных машин

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

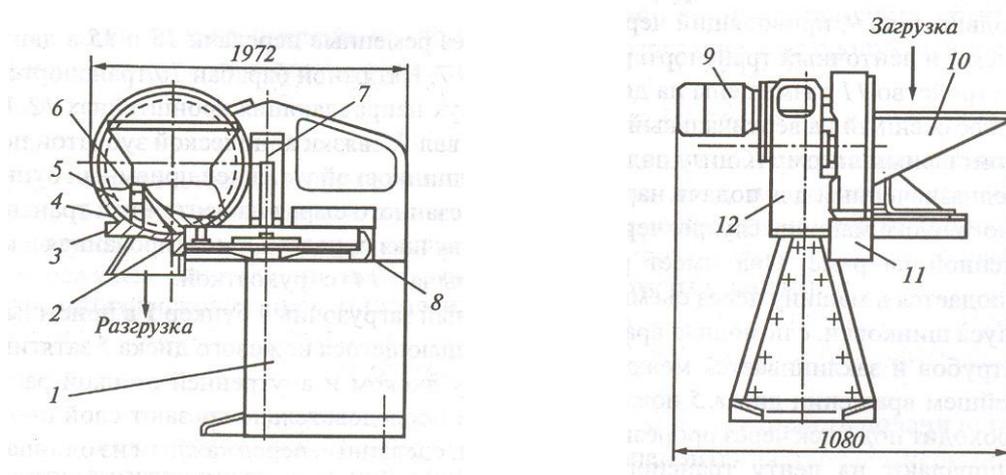


Рисунок 2 – Машина А9-КРВ «Ритм»

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 продольно 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.

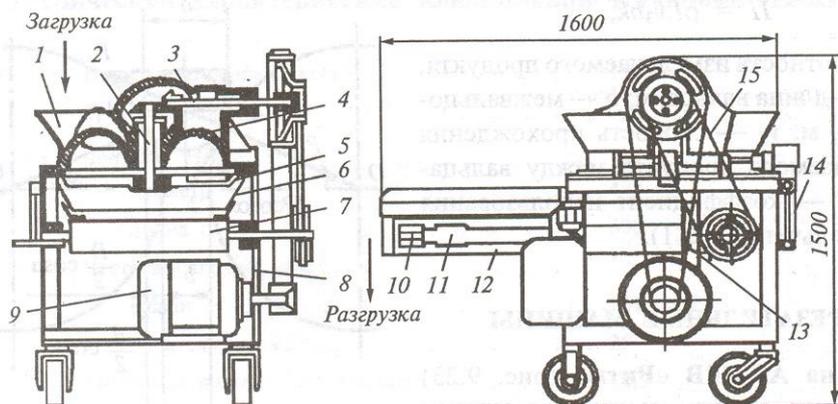


Рисунок 3 – Шинковальная машина МШ-10000

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 прорези, 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	10×10×10; 7×7×7	Стружка длиной не менее 5 мм
Частота вращения ножевого диска, мин ⁻¹ , при резке на кубики размером, мм:		
10×10×10	455	210
7×7×7	655	210
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	4,0
Скорость движения ленты транспортера, м/с	–	2,08
Габаритные размеры, мм	1080×1972×1505	1600×1020×1500
Масса, кг	380	500

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.

Определение характеристик режущих машин

Производительность Π находят по формуле

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

где F – режущая способность ножа, м²/с;

φ – коэффициент использования режущей способности ножа;

α – отношение длительности подготовительных операций к длительности резания (для непрерывно действующих машин равно нулю);

$F_1 = (mf_1 - mf)/2$ – площадь поверхности раздела, получаемая при резании единицы массы, м²/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, м².

При тонком измельчении произведением mf пренебрегают ($mf \rightarrow 0$). Для дисковых и многоленточных машин величину F находят по формуле

$$F = hV_n Z_0, \quad (2)$$

где h – средняя толщина продукта, м;

V_n – скорость подачи продукта, м/с;

Z_0 – число ножей.

Для машин с серповидными ножами используется формула

$$F = 60SZ_0n, \quad (3)$$

где S – площадь среза, м²;

n – частота вращения ножей, об/мин.

Для машин с пластинчатыми ножами роторного или ленточного типа используется формула

$$F = S_1 V_n / c, \quad (4)$$

где S_1 – площадь сечения продукта в направлении перпендикулярном направлению подачи, м²;

c – расстояние между ножами по длине, м.

Мощность электродвигателя резательной машины N определяют по формуле

$$N = \frac{W F_1 \Pi}{1000 \eta_n \eta_m}, \quad (5)$$

где W – лобовое сопротивление резанию, Н/м.

Контрольные задачи

1. Производительность корнерезки составляет 1600 кг моркови в час. Найдите частоту вращения барабана, если диаметр его равен 0,3 м, ширина – 0,12 м, высота срезаемого слоя – 0,01 м, насыпная плотность сырья – 660 кг/м³.

2. Определите производительность овощерезки с числом ножей на диске равным 6, частота вращения диска 120 мин⁻¹. Площадь среза – 0,02 м², высота срезаемого слоя – 0,006 м. Насыпная плотность материала – 600 кг/м³.

3. Определите производительность овощерезки, диск которой вращается с частотой 100 мин^{-1} . Число ножей на диске – 4, площадь среза – $0,02 \text{ м}^2$, высота срезаемого слоя – $0,005 \text{ м}$, насыпная плотность продукта – 620 кг/м^3 .

4. Сравните производительность двух дисковых овощерезок по следующим техническим данным: площадь среза – $0,03$ и $0,025 \text{ м}^2$, высота срезаемого слоя – $0,01$ и $0,007 \text{ м}$, насыпная плотность продукта – 588 и 540 кг/м^3 , частота вращения дисков – 120 и 110 мин^{-1} , число ножей – 4 и 7, коэффициент $\varphi = 0,6$ и $0,7$.

5. Определите, на сколько возросла производительность дисковой овощерезки после модернизации, если вместо диска с семью ножами установлен диск с одиннадцатью ножами, площадь среза увеличилась с $0,03$ до $0,04 \text{ м}^2$, частота вращения диска возросла со 100 до 110 мин^{-1} . Высота среза – $0,007 \text{ м}$, насыпная плотность продукта – 600 кг/м^3 и величина $\varphi = 0,6$ остались без изменения.

6. При измельчении лука на овощерезке с режущей способностью $0,026 \text{ м}^2/\text{с}$ необходимая мощность составила $0,05 \text{ кВт}$. Какому КПД привода она соответствует?

7. Определите мощность электродвигателя для привода корне-резки, используемой для измельчения свеклы, если КПД привода равен $0,75$, коэффициент запаса мощности – $1,35$, а режущая способность – $0,03 \text{ м}^2/\text{с}$.

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?
6. В каких машинах используются быстровращающиеся диски для пищевой промышленности?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Общий подход к расчету режущих машин	4
2. Технические характеристики резательных машин	8
Контрольные задачи	12
Вопросы для самопроверки	13
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	14

