

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

В.М. Долбаненко, А.В. Семёнов

**ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ
ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДИСКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ
КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ**

*Методические указания
для лабораторно-практических работ*

Красноярск 2018

Рецензент
А.А. Вишняков, д-р техн. наук, профессор кафедры
«Общеинженерные дисциплины»

Долбаненко, В.М.

Изучение устройства и работы горизонтального дискового измельчителя корнеклубнеплодов: метод. указания для лабораторно-практических работ / В.М. Долбаненко, А.В. Семёнов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2018 – 15 с.

Описаны конструктивные особенности и работа горизонтального дискового измельчителя корнеклубнеплодов.

Предназначено для студентов очного и заочного отделений, обучающихся по направлениям 35.03.06 «Агроинженерия», 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», 36.03.02 «Зоотехния».

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Красноярского государственного аграрного университета

© Долбаненко В.М., Семёнов А.В., 2018
© ФГБОУ ВО «Красноярский
государственный аграрный университет», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Изучение конструктивных особенностей горизонтального дискового измельчителя корнеклубнеплодов.....	4
2. Теоретическое определение производительности дискового измельчителя и размера частиц измельченного продукта	6
2.1. Определение производительности измельчителя	6
2.2. Определение среднего размера частиц измельченного продукта	7
3. Определение мощности на привод дискового измельчителя корнеклубнеплодов	8
4. Экспериментальное определение энергетических характеристик, производительности и качественных показателей дискового измельчителя корнеклубнеплодов	10
5. Анализ результатов исследований	13
6. Составление отчета	13
Контрольные вопросы	13
Литература	14

1. Изучение конструктивных особенностей горизонтального дискового измельчителя корнеклубнеплодов

Цель работы: изучение конструкции, технологического процесса, методики теоретического расчета и экспериментального определения энергетических показателей дискового измельчителя корнеклубнеплодов.

Содержание работы

1. Изучение конструкции и технологического процесса измельчителя КПИ-4.
2. Теоретическое определение производительности дискового измельчителя и размера частиц измельченного продукта.
3. Расчет мощности на привод дискового измельчителя корнеплодов.
4. Экспериментальное определение энергетических характеристик, производительности и качественных показателей дискового измельчителя корнеклубнеплодов.
5. Анализ результатов исследований.
6. Составление отчета.

Оборудование рабочего места: дисковый измельчитель корнеклубнеплодов КПИ-4, универсальный измерительный комплект К-50, секундомер, настольные весы до 50 кг, мерный ящик, штангенциркуль, корнеплоды 50 кг, диаграммная бумага.

Корнерезка КПИ-4 предназначена для измельчения предварительно вымытых корнеклубнеплодов в стружку и мелкую мезгу (пасту). Можно использовать в технологических линиях кормоприготовительных отделений или цехов животноводческих ферм, а также в условиях небольших ферм и фермерских хозяйств. Корнерезка состоит из станины 15, бункера 7, измельчающего аппарата и системы электрооборудования (рис.). Станина изготовлена из прокатных профилей. На ней закреплены все другие узлы. На внутренней стороне бункера крепится угольник, удерживающий вместе с диском 9 корнеклубнеплоды от вращения.

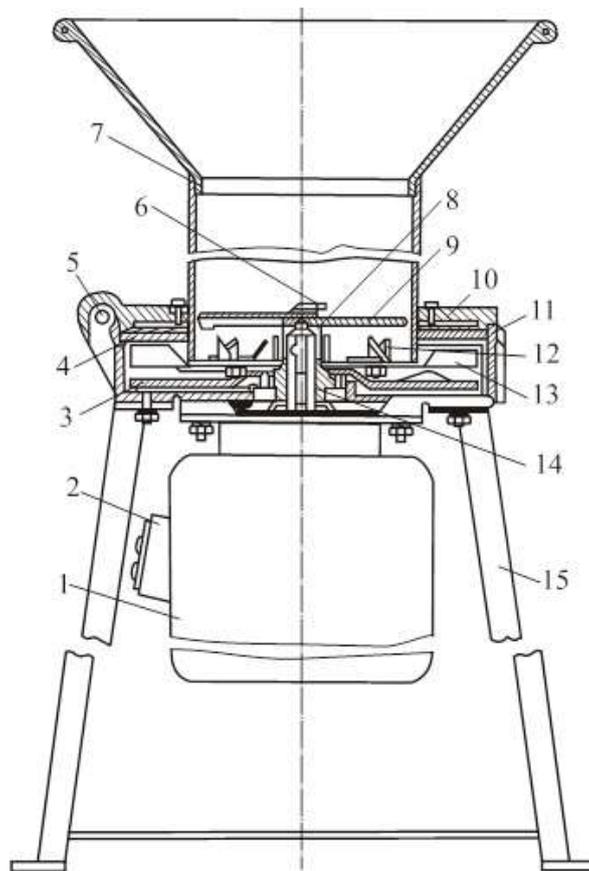


Схема корнерезки КПИ-4:

1 – электродвигатель; 2 – магнитный пускатель; 3 – выбрасыватель; 4 – дека; 5 – палец шарнира; 6 – специальный болт; 7 – бункер; 8 – ступица верхнего диска; 9 – верхний диск с ножом; 10 – крышка камеры измельчения; 11 – корпус камеры измельчения; 12 – вертикальные ножи; 13 – лопасти нижнего диска; 14 – ступица выбрасывателя; 15 – станина

Измельчающий аппарат состоит из корпуса 11, в котором размещены две части аппарата: верхняя и нижняя. Верхняя часть состоит из диска 9 с горизонтальным заменяемым ножом. Нижняя часть аппарата состоит из двух дисков, скрепленных между собой болтами. Между дисками расположены четыре лопатки 13 (две внутренние и две внешние) и четыре вертикальных ножа 12, два из которых имеют внутреннюю, а два – внешнюю заточку. В корпусе измельчающего аппарата устанавливают деку с зубьями или без зубьев. Корпус укреплен на станине болтами. Сбоку к нему присоединен выбросной рукав, снизу – фланцевый электродвигатель 1. Ступица 14 швырялки (выбрасывателя) закреплена шпонкой на валу электродвигателя, на ней посажены нижние диски и ступица верхнего диска. Между дисками установлены шайбы для сохранения зазора 2–3 мм. Для предотвращения попадания влаги в электродвигатель на валу устанавливают резиновый сальник. Сменный горизонтальный нож крепится дужками

и болтом 6 в прорези верхнего диска 9. Вертикальные ножи закреплены между нижними дисками. Крышка 10 шарнирно соединена с корпусом и в рабочем положении фиксируется двумя накидными болтами. На крышке жестко закреплен бункер 7. Нижняя цилиндрическая часть деки 4 выполнена в виде зубьев. С машиной также поставляется дека без зубьев с укороченной цилиндрической частью. Дека прижимается к корпусу крышкой. В комплект электрооборудования входят электродвигатель 1 и магнитный пускатель 2.

Технологический процесс. При измельчении корнеклубнеплодов в стружку, на валу электродвигателя монтируют швырляку (выбрасыватель) 3 и верхний диск 9. Толщина стружки зависит от номера ножа. Ножи верхнего диска маркированы цифрами 5 и 8. При использовании ножа с № 5 основная масса частиц будет толщиной 7–10 мм, с № 8 – больше 10 мм. При этом в корпус измельчающего аппарата устанавливают деку без зубьев. Рабочий процесс в этом случае протекает следующим образом. Загружаемые в бункер корнеплоды попадают на верхний диск и удерживаются от вращения угольником. Нож, прикрепленный к диску, измельчает их. Срезанные частицы попадают на выбрасыватель, лопасти которого выносят их из машины через выбросной рукав в кормораздатчик или другие машины для дальнейшей обработки.

При измельчении корнеклубнеплодов в мезгу на ступицу выбрасывателя устанавливают нижний диск с лопастями и вертикальными ножами 12, а в корпусе измельчающего аппарата – деку с зубьями. В этом случае измельченная верхним ножом масса падает на нижний диск и отбрасывается к деке. На пути движения масса измельчается ножами с внешней заточкой. Частицы, застрявшие в деке, обрезаются ножами с внутренней заточкой и протираются между зубьями. Переработанная масса выносится из машины внешними лопастями выбрасывателя через выбросной рукав. Степень измельчения – 1–6 мм (мезга).

2. Теоретическое определение производительности дискового измельчителя и размера частиц измельченного продукта

2.1. Определение производительности измельчителя

Производительность Q_m (кг/с) горизонтально-дисковых измельчителей определяется по формуле

$$Q_0 = Vn\gamma,$$

где V – объем продукта, срезаемого за один оборот диска, м³; n – частота вращения диска, с⁻¹; γ – объемная масса продукта, кг/м³ (для свеклы $\gamma = 600–650$ кг/м³).

Объем продукта, срезаемого за один оборот диска V (м³) составляет:

$$V = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} b z k_d k_n ,$$

где D и d – диаметры диска по наружному и внутреннему концам горизонтального ножа, м (рис.); b – просвет между кромкой ножа и поверхностью диска, м (равен толщине срезаемой стружки – 5–8 мм); z – число ножей ($z=1$); k_d – коэффициент, характеризующий использование поверхности диска ($k_d=0,8–1,0$); k_n – коэффициент, учитывающий наличие пустот между корнеплодами ($k_n=0,35–0,40$).

2.2. Определение среднего размера частиц измельченного продукта

Так как окончательное измельчение производится на второй ступени измельчителя, то и средний размер частиц измельченного продукта определяется исходя из производительности Q_u (кг/с) этой ступени при центробежной подаче:

$$Q_{\ddot{o}} = \pi D_p l_2 b_2 n \gamma k_e k_3 z_2 ,$$

где D_p – диаметр камеры резания (определяется замером непосредственно на измельчителе), м; l_2 – длина ножа второй ступени измельчителя (определяется замером непосредственно на измельчителе), м; b_2 – средний размер частиц измельченного продукта после измельчения, м; n – частота вращения ножей, с⁻¹; γ – объемная масса измельченного продукта, кг/м³ ($\gamma=650–750$ кг/м³); k_e – коэффициент, характеризующий использование диска второй ступени измельчителя ($k_e=0,7–0,8$); k_3 – коэффициент, учитывающий заполнение продуктом пространства между дисками ($k_3=0,35–0,45$).

Аппарат вторичного резания измельчает весь продукт, прошедший через первую ступень измельчения.

Тогда:

$$Q_m = Q_u = \pi D_p l_2 b_2 n z_2 \gamma k_k k_3.$$

Из этого равенства определяем:

$$b_2 = \frac{Q_m}{\pi D_p l_2 n \gamma k_k k_3 z_2}.$$

3. Определение мощности на привод дискового измельчителя корнеклубнеплодов

Мощность N (кВт), необходимая для привода измельчителя, составляет:

$$N = N_I + N_{II},$$

где N_I – мощность, затрачиваемая при работе первой ступени и измельчителя, кВт; N_{II} – мощность, затрачиваемая при работе второй ступени измельчителя, кВт.

1. Определить мощность N_I , кВт, затрачиваемую на первой ступени измельчения:

$$N_I = (N_{p_1} + N_{\delta\delta}) / \eta,$$

где η – механический КПД ($\eta = 0,95$).

Мощность, затрачиваемая на резание корнеплодов (кВт):

$$N_{p_1} = P_1 z v k_0 k_1,$$

где P_1 – сила резания, кН; V – скорость резания, м/с; k_0 – конструктивный коэффициент, равный 0,7–0,8; k_1 – коэффициент, учитывающий заполнение бункера, равный 0,35–0,45.

Сила резания равна:

$$P_1 = q_0 l_1,$$

где q_0 – удельное давление ножа на измельчаемый материал, равное 1,5–2,0 кН/м; l_1 – длина лезвия ножа, м.

Поскольку точка приложения силы резания P_1 расположена на расстоянии $\frac{2}{3}$ радиуса R ножевого диска от его центра, скорость резания определяют по формуле

$$V = 2\pi n \cdot 2R/3.$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения корнеплодов о диск (кВт), равна:

$$N_{mp1} = 4M_n fgR\pi n\beta \cdot 10^{-3} / 3 ,$$

где M_n – масса корнеплодов, постоянно находящихся в приемном бункере измельчителя, кг; $f=0,6$ – коэффициент трения корнеплодов о диск; $\beta = 0,3-0,4$ – коэффициент, учитывающий уменьшение силы нормального давления за счет режущего и отталкивающего действия ножей.

2. Определить мощность N_n , кВт, затрачиваемую на второй ступени измельчителя, по формуле

$$N_{\delta\delta_1} = N_{\delta_2} + N_{\delta\delta_2} + N'_{\delta\delta_2} ,$$

где N_{p2} – мощность, затрачиваемая на резание предварительно измельченного продукта, кВт; N_{mp2} – мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения продукта о диск второй ступени измельчителя, кВт; N'_{mp2} – мощность, затрачиваемая на преодоление силы трения продуктов о стенки корпуса, кВт.

Мощность N_{p2} , затрачиваемая на резание предварительно измельченного продукта, равна:

$$N_{p2} = q_0 l_2 z_2 R \cdot 2\pi n k_0 k_1 . ,$$

где q_0 – удельное давление ножа на измельчаемый материал, кН/м (для свеклы $q_0=1,5-2,0$ кН/м); l_2 – длина нагруженного участка лезвия ножа, м; z_2 – число ножей второй ступени измельчителя.

Мощность N'_{TP2} , затрачиваемая на преодоление сил трения продукта о диск аппарата вторичного измельчения, составляет 10 % мощности, расходуемой на резание:

$$N_{mp_2} = 0,1N_{p_2}.$$

Мощность N_{mp} , кВт, затрачиваемая на преодоление сил трения продукта о стенки камеры измельчения на аппарате вторичного резания, равна:

$$N'_{\delta\delta_2} = 25,6Rf\beta\pi n \cdot 10^{-3},$$

где 25,6 – коэффициент, учитывающий характер взаимодействия помельченных корнеплодов, находящихся в аппарате вторичного резания, с декой и стенками камеры измельчения (рис.).

3. Определить полную мощность, затрачиваемую на привод измельчителя.

Мощность на привод измельчителя определяется по формуле

$$N = N_I + N_{II}.$$

4. Экспериментальное определение энергетических характеристик, производительности и качественных показателей дискового измельчителя корнеклубнеплодов

Для подтверждения правильности теоретических расчетов проводят опыт, включающий проверку и пуск измельчителя в работу; измельчение навески корнеклубнеплодов; определение производительности энергетических показателей и размера частиц измельченного продукта с последующей статистической обработкой результатов.

1. Определить мощность $N_{x.x}$ привода измельчителя на холостом ходу.

Только с разрешения преподавателя включают измельчитель и при установившемся режиме записывают показания ваттметра. Данные заносят в таблицу 1. Опыт проводят в трех повторностях.

2. Определить мощность рабочего хода измельчителя $N_{p.x}$.

Отбирают навеску корнеплодов массой $q_0=50$ кг, пускают в работу измельчитель. После достижения рабочего режима подают корнеплоды в приемный бункер и с помощью секундомера фиксируют продолжительность их полного измельчения t . Одновременно записывают показания ваттметра (3–5 показаний в течение опыта). Данные сводят в таблицу 1.

Таблица 1 – Характеристика дискового измельчителя
корнеплодов КПИ-4

Данные	Мощность привода N , кВт						Продолжительность опыта t , с	Производительность Q , кг/с	Средний размер измельченных частиц b , м
	Холостой ход			Рабочий ход					
	Номер опыта	Показания ваттметра C	Среднее значение C_{cp}	$N_{x.x} = C_{cp} K^*$	Номер опыта	Показания ваттметра C'			
Опыт- ные	1 2 3 4 5				1 2 3 4 5				
Рас- чет- ные									

* K – постоянная прибора (принимается по паспорту).

3. Определить действительную производительность измельчителя. Действительная производительность определяется по формуле

$$Q = q_0 / t \text{ кг/с,}$$

где q_0 – масса опытной навески, кг; t – длительность опыта, с.

4. Определить средний размер частиц измельченных корнеклубнеплодов.

Из измельченной массы отбирают три навески массой по 100 г каждая. Навески раскладывают на плотной бумаге и из них отбирают

пробы по 25 измельченных частиц. Результаты измерения частиц в пробе заносят в таблицу 2 и производят их статистическую обработку.

При этом определяют:

1) среднее арифметическое (выборочное среднее) размера измельченных частиц:

$$b_{cp} = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

где x_i – совокупность измеренных значений толщины измельченных частиц; n – число измерений;

2) выборочную дисперсию S^2 и выборочное отклонение S среднего размера измельченных частиц:

$$S^2 = \pm \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 .;$$

$$S = \pm \sqrt{S^2} = \pm \sqrt{(x_i - \bar{x})^2 / (n-1)};$$

3) ошибку выборочной средней дисперсии S_x :

$$S_x = S / \sqrt{n};$$

4) показатель точности опыта P , % – относительная ошибка выборочной средней дисперсии.

$$P = (S_x / \bar{x}) 100.$$

Полученные результаты сводят в таблицу 2.

Таблица 2 – Размер частиц b измельченных корнеплодов

Номер п/п	Проба № 1 $b_1(x_{i1}), \text{ м}$	Проба № 2 $b_2(x_{i2}), \text{ м}$	Проба № 3 $b_3(x_{i3}), \text{ м}$	Среднее значение параметров, м
1				$B_{cp}(x)$
2				S
...				
...				
$n-1$				S_x

n				P
-----	--	--	--	-----

5. Анализ результатов исследований

1. Определить удельную энергоёмкость, измельчения корнеплодов на дисковом измельчителе:

$$N_{\text{óä}} = (N_{p.x} - N_{x.x}) / Q, \text{ кВт} \cdot \text{с/кг.}$$

2. Сравнить основные характеристики дискового измельчителя корнеклубнеплодов КПИ–4, полученные расчетным и опытным путем, с паспортными данными. Объяснить различия в данных.

6. Составление отчета

В отчете необходимо привести:

1. Схему горизонтального дискового измельчителя корнеклубнеплодов.
2. Расчеты производительности измельчителя, размера частиц измельченного продукта, мощности на его привод.
3. Результаты экспериментальных исследований по форме таблиц 1 и 2.
4. Анализ результатов исследований.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как работает измельчитель?
2. Какими сменными рабочими органами комплектуется измельчитель?
3. Как регулируют степень измельчения корма?
4. Назовите основные параметры, влияющие на производительность измельчителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дегтерев, Г.П. Технологии и средства механизации животноводства / Г.П. Дегтерев. – М.: Столичная ярмарка, 2010. – 384 с.
2. Филиппов, В.Г. Лабораторный практикум по механизации технологических процессов в животноводстве. Ч. 1: Кормоприготовительные машины / В.Г. Филиппов, А.В. Татарченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2006. – 88 с.
3. Селиванов, А.П. Механизация и технологии в животноводстве / А.П. Селиванов, А.Н. Ковальчук, А.В. Татарченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2007. – 255 с.

**ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ
ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДИСКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ
КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ**

Методические указания для лабораторно-практических работ

**Долбаненко Владимир Михайлович
Семёнов Александр Викторович**

Редактор М.М. Ионина

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.
Подписано в печать 07.02.2018. Формат 60x90/16. Бумага тип. № 1.
Печать – ризограф. Усл. печ. л. 1, 25 п. л. Тираж 60 экз. Заказ № 21
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117