

Рис. 2. Изменение комплексной энергетической характеристики (КЭХ) дождя вдоль трубопровода ДМ «Фрегат» с различными типами дождевателей

Лучшие результаты имеет ДМ «Фрегат» с УПД, формирующий дождь с хорошими агротехническими параметрами ( $d_k = 1,2$  мм,  $\rho_{cp} = 0,5$  мм/мин,  $\rho_{mg} = 1,5$  мм/мин). Это обеспечивает снижение комплексной энергетической характеристики дождя и повышает норму полива до стока с 230-280 до 350-390 м<sup>3</sup>/га. Наличие резерва в снижении мощности дождя и повышении нормы полива до стока у ДМ «Фрегат» очевидно. Перевод существующего парка машин на комплектацию дождевальными насадками с установкой их на устройства приповерхностного полива позволит повысить их эффективность и сохранить сотни тысяч м<sup>3</sup> воды.

**Заключение.** Исследования серийных ДМ «Фрегат» и оборудованных короткоструйными насадками, установленными на устройствах приповерхностного дождевания, свидетельствуют о явном преимуществе последних и позволяют на 60-65% снизить энергетическое воздействие дождя на почву и растения.

#### Библиографический список

1. Пат. 74033 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Слюсаренко В. В., Рыжко Н. Ф., Гуркин Е. И. [и др.]. – № 2008105594/22 ; заявл. 13.02.08 ; опубл. 20.06.08, Бюл. № 30. – 5 с.
2. Надежкина, Г. П. Совершенствование устройств приповерхностного полива дождевальной машины «Фрегат» : дис. ... канд. техн. наук / Надежкина Галина Петровна. – Саратов, 2014. – С. 98-104.
3. Рыжко, Н. Ф. Резервы экономии электроэнергии на насосной станции при работе с низконапорными ДМ «Фрегат» / Н. Ф. Рыжко, В. В. Слюсаренко, Г. П. Надежкина // Научное обозрение. – 2013. – №10. – С. 20-28.
4. Надежкина, Г. П. Снижение потерь воды при поливе дождеванием / Н. Ф. Рыжко, В. В. Слюсаренко // Научная жизнь. – 2013. – №6. – С. 57-61.
5. Надежкина, Г. П. Пути совершенствования дождевателей ДМ «Фрегат» / Г. П. Надежкина, Н. Ф. Рыжко, В. В. Слюсаренко // Научное обозрение. – 2011. – №6. – С. 31-34.
6. Слюсаренко, В. В. Повышение ветроустойчивости струй дождевателей ДМ «Фрегат» / Н. Ф. Рыжко, В. В. Слюсаренко, Г. П. Надежкина // Научное обозрение. – 2012. – №2. – С. 256-262.
7. Рыжко, Н. Ф. Совершенствование технических средств и технологии орошения в Поволжье : монография. – Саратов : Саратовский источник, 2007. – 110 с.

УДК 631.363.7

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СКРЕБКОВО-ТРОСОВОГО КОНВЕЙЕРА КОРМОРАЗДАТЧИКА

**Лянденбургский Владимир Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», ФГБОУ ВПО Пензенский ГУАС.

440039, Пензенская область, г. Пенза, ул. Кордон Студеный, 34.

E-mail: lvv789@yandex.ru

**Петрова Светлана Станиславовна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механика и инженерная графика», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: ssaariz@mail.ru

**Коновалов Владимир Викторович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Теоретическая и прикладная механика», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440039, Пензенская область, г. Пенза, проезд Байдукова, 1а.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

**Ключевые слова:** конвейер, транспортирование, сыпучие, материалы, корма, скребково-тросовый.

*Цель исследования – теоретически обосновать основные параметры скребково-тросового конвейера кормораздатчика. Для транспортирования сыпучих грузов, включая зерно и продукты его переработки, широко*

используются канатно-скребковые конвейеры с тросошайбовым или цепочно-шайбовым рабочим органом. В силу эксплуатационных особенностей и большой тяговой способности троса, данный рабочий орган имеет существенные преимущества. Одним из недостатков таких рабочих органов является образование пробки из материала перед движущимся скребком. Она приводит к росту сопротивления при перемещении рабочего органа. Указанный недостаток можно уменьшить, оптимизируя конструкцию шайбы конвейера. Для оптимизации конструкции рабочего органа скребково-тросового конвейера проведены теоретические исследования, позволяющие осуществить расчет основных показателей работы конвейера с подобным рабочим органом. В статье дается описание скребково-тросового конвейера непрерывного действия стационарного кормораздатчика сухих кормов. Работа конвейера состоит из трех последовательных процессов: загрузки материала в материалопровод, перемещения материала по всей длине транспортирования, разгрузки материала под собственным весом через выгрузное отверстие в нижней части трубы материалопровода. Представлены результаты и теоретически обоснована форма чаши скребка в виде полусферы с углом относительно направляющей трубы не менее угла трения материала о стенки чаши, а также установлены выражения, позволяющие рассчитать основные параметры скребково-тросового конвейера.

Для транспортирования сыпучих грузов, включая зерно и продукты его переработки, широко используются канатно-скребковые конвейеры с тросошайбовым (рис. 1) или цепочно-шайбовым рабочим органом [1, 2, 6]. В силу эксплуатационных особенностей и большой тяговой способности троса, рабочий орган имеет существенные преимущества. Одним из недостатков таких рабочих органов является образование пробки из материала перед движущимся скребком. Она приводит к росту сопротивления при перемещении рабочего органа [2-5, 7]. Указанный недостаток можно уменьшить, оптимизируя конструкцию шайбы конвейера.

**Цель исследования** – теоретически обосновать основные параметры скребково-тросового конвейера кормораздатчика.

**Задачи исследований:** обосновать рациональную форму чаши скребка конвейера; определить выражения для расчета основных параметров работы скребково-тросового конвейера.

**Материалы и методы исследований.** В процессе проведения теоретических исследований осуществлялось определение выражений по расчету основных показателей рабочего процесса транспортирования материала скребками по трубопроводу круглого сечения и аналитическое обоснование рациональных параметров формы скребка конвейера. Скребково-тросовый конвейер (рис. 1) конструктивно представляет трубчатый материалопровод 1, внутри которого перемещается тяговый орган 2, состоящий из троса и скребков, выполненных из полимерного материала. Изменение направления поступательного перемещения материала достигается с помощью поворотных узлов 3, которые находятся в плотно закрытых корпусах.

Привод рабочего органа осуществляется ведущей звездочкой приводной станции 4. Загрузка конвейера происходит при помощи бункера 5, на любом участке контура. Работа конвейера состоит из трех последовательных процессов: загрузки материала в материалопровод, перемещения материала по всей длине транспортирования, разгрузки материала под собственным весом через выгрузное отверстие в нижней части трубы материалопровода.

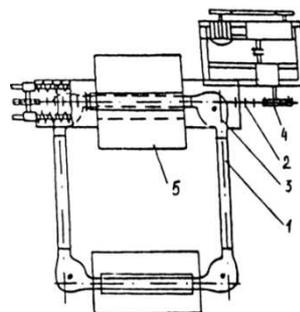


Рис. 1. Схема скребково-тросового конвейера кормораздатчика:

1 – трубопровод 2 – канатно-скребковый рабочий орган; 3 – поворотный узел; 4 – приводная станция; 5 – загрузочный бункер

**Результаты исследований.** Рассмотрим силовое воздействие скребка 3 на перемещаемый перед скребком материал 4,5 (рис. 2). Допустим, длина пробки 5 от нижнего края скребка 3 до переднего ее края постоянна. В таком случае у передней кромки пробки образуется откос с углом  $\alpha_{CM}$  полного сдвига транспортируемого материала по поверхности материала материалопровода – трубы 1. Вследствие воздействия скребка 3 перед его нижним краем возникает плоскость внутреннего сдвига слоев материала под углом  $\alpha_B$ . При постоянной длине пробки ее масса и объем  $V_0$  будут постоянны. Соответственно, сила сопротивления перемещению пробки  $F_0$  также будет постоянна. При этом объем материала 4 в непосредственном контакте со скребком 3 по мере перехода от выпуклой формы скребка (рис. 2, а) к вогнутой (рис. 2, в) растет, а нормальная проекция сил воздействия скребка (клинящих материал в трубе материалопровода) изменяет направление от радиально-наружного к центрально направленному (уравновешивающих частично сами

себя). Тем самым, скребки вогнутой формы способны обеспечить рост производительности и снижение удельных затрат мощности транспортирования. В результате, возникающее боковое распорное давление оказывает существенное влияние на энергоёмкость процесса транспортирования.

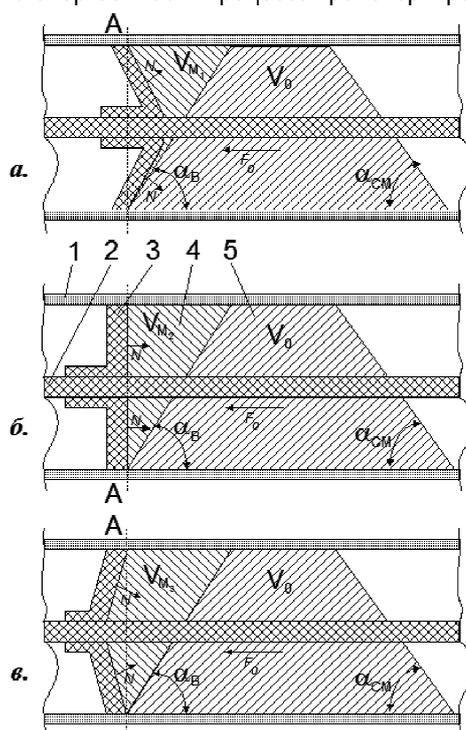


Рис. 2. Схема воздействия скребка на материал:  
 а – выгнутый скребок; б – плоский скребок; в – вогнутый скребок в виде чаши;  
 1 – трубопровод; 2 – трос; 3 – скребок; 4 – слой материала, непосредственно воздействующий на скребок;  
 5 – слой материала, образующий кормовую пробку

Для снижения энергоёмкости необходимо уменьшить боковое давление в межскребковых пространствах материалопровода. Это возможно достигнуть при использовании скребка в форме чаши с кромками, направленными в сторону перемещения материала (рис. 3).

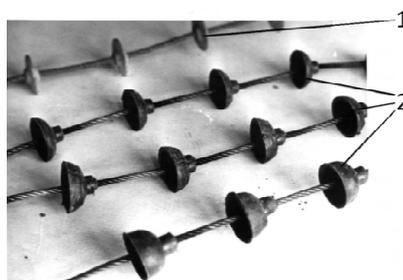


Рис. 3. Рабочие органы скребково-тросового конвейера:  
 1 – тросо-шайбовый; 2 – тросо-чашечные с различной глубиной чаши

При этом должно соблюдаться условие полной выгрузки корма в зоне выгрузного отверстия. Коническая форма чаши приведет к залипанию материала у вершины конуса возле троса, снижая тем самым производительность. Поэтому возле троса угол поверхности чаши относительно троса следует увеличить до максимума ( $90^\circ$ ), т.е. полусфера. Полная выгрузка чаши будет происходить при условии:  $\alpha > \alpha_c$ , где  $\alpha$  – угол наклона кромок чаши относительно горизонта, град;  $\alpha_c$  – угол полного сдвига транспортируемого материала по поверхности материала скребка, град.

Точные параметры скребка определяются графо-аналитическим методом, (рис. 4). Уравнение окружности в выбранной системе координат будет иметь вид:

$$(X - R)^2 + Y^2 = R^2, \quad (1)$$

где  $R$  – радиус чаши скребка, м.

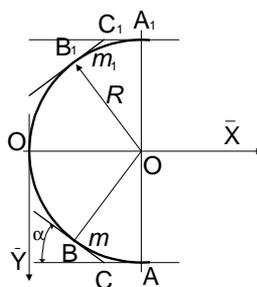


Рис. 4. Схема обоснования оптимальной рабочей поверхности внутреннего профиля скребка

Уравнение прямой  $m$ :

$$Y = X \cdot \operatorname{tg} \alpha + R \cdot (\cos \alpha - \operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha). \quad (2)$$

Уравнение прямой  $m_1$ :

$$Y_1 = -X \cdot \operatorname{tg} \alpha + R \cdot (\cos \alpha + \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha). \quad (3)$$

Поверхность, расположенная внутри участка, ограниченного точками СВОВ<sub>1</sub>С<sub>1</sub> будет соответствовать условию свободной выгрузки материала из чаши и наибольшему внутреннему объему самой чаши, т.е. тем самым определена оптимальная рабочая поверхность скребка – полусфера с углом относительно направляющей трубы не менее угла трения материала о стенки чаши.

Производительность конвейера в общем виде выразится как:

$$Q_k = K_3 \cdot Q_3, \quad (4)$$

где  $K_3$  – коэффициент пропорциональности;  $Q_3$  – производительность поступления материала из загрузочного бункера кг/с;  $Q_k$  – производительность конвейера, кг/с.

Или, подставив конструктивные показатели:

$$\left( d^2 - d_2^2 - \frac{d_3^2 \cdot l_{ц} - d_2^2 \cdot l_{ц} - d_1^2 \delta \sin \alpha}{H} \right) \frac{\pi \nu \rho k_3}{4} = K_3 a_3 b_3 \lambda \sqrt{\frac{g a_3 b_3 (1 + \sin \varphi)}{2f(a_3 + b_3)(1 - \sin \varphi)}}, \quad (5)$$

где  $a_3$  – длина загрузочного отверстия, м;  $b_3$  – ширина загрузочного отверстия, м;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $f$  – коэффициент внутреннего трения материала;  $\varphi$  – угол внутреннего трения, град.;  $d_1$  – диаметр скребка (рис. 5), м;  $d_2$  – диаметр троса, м;  $d_3$  – диаметр цилиндрической части, м;  $\delta$  – толщина скребка, м;  $l_{ц}$  – длина цилиндрической части, м.

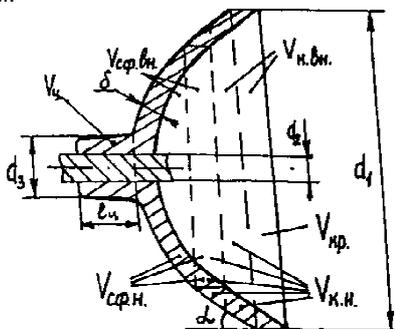


Рис. 5. Схема к определению параметров рабочего органа

Из формулы (5) определяем основные параметры скребково-тросового трубчатого транспортера и загрузочного бункера.

Пропускная способность выгрузного отверстия  $Q_B$  должна удовлетворять условию:

$$Q_B \geq Q_T. \quad (6)$$

Предпочтительным условием выгрузки корма из материалопровода является выгрузка материала сплошным потоком. Следовательно, наиболее рациональным следует принять ширину выгрузного отверстия конвейера, стремящуюся к диаметру материалопровода.

Для скребка в виде чаши путь, пройденный за время  $t$  схода транспортируемого материала с рабочей поверхности скребка (рис. 6), а соответственно и длина выгрузного отверстия определяются выражением:

$$l_B = v \left( \frac{\omega_0 R + \sqrt{\omega_0^2 R^2 + 2gS(\sin\alpha - f_{mc}\cos\alpha)}}{g(\sin\alpha - f_{mc}\cos\alpha)} + \int \frac{d\beta}{\pm \sqrt{\frac{6ge^{-2\beta} + 2g(3f_{mc}\cos\beta - \sin\beta)}{SR}}} - C_2 \right), \quad (7)$$

где  $f_{mc}$  – коэффициент трения корма по материалу скребка;  $v$  – скорость перемещения скребка, м/с;  $\omega_0$  – угловая скорость движения материальной точки по окружности, рад/с.

В процессе движения скребково-тросового рабочего органа по внутренней поверхности трубчатого кожуха условия перемещения материала могут меняться. Различают следующие участки: материалопровод и поворотное устройство.

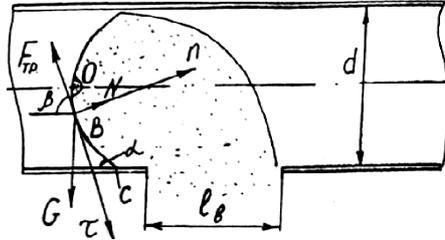


Рис. 6. Схема к определению длины выгрузного отверстия скребково-тросового конвейера

Сила, необходимая на перемещение материала, находящегося в межскребковом пространстве на прямолинейном участке материалопровода, расположенного под углом к горизонту (рис. 7) запишется следующим образом:

$$F_1 = g(M_M + M_{PO})(f_{CT} + \sin\theta) + \frac{\pi \rho d^3 g (e^{4f_{CT}k_b H k_3 k_k k_{ки} - 1})(f_{CT} + \sin\theta)}{4k_b}, \quad (8)$$

где  $M_M$  – масса корма, находящегося в полости чаши скребка, кг;  $M_{PO}$  – масса рабочего органа, приходящаяся на скребок, кг;  $\theta$  – угол наклона материалопровода относительно горизонта, град;  $f_{CT}$  – коэффициент трения материала о внутреннюю поверхность трубы материалопровода;  $k_b$  – коэффициент бокового давления;  $k_3$  – коэффициент заполнения межскребкового пространства кормом;  $k_k$  – конструктивный коэффициент;  $k_{ки}$  – коэффициент исключения давления части корма, находящегося в полости скребка, на стенки кормопровода.

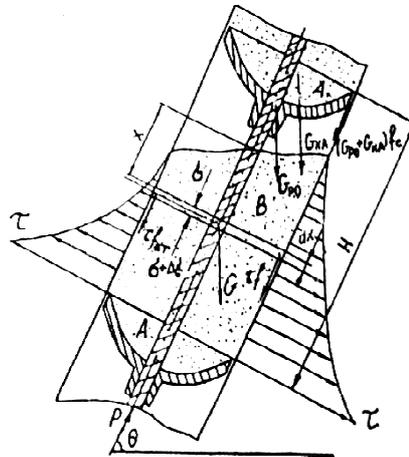


Рис. 7. Схема сил, действующих на скребок при перемещении материала в материалопроводе

Значения коэффициентов заполнения  $k_3$ , конструктивного  $k_k$  и исключения  $k_{ки}$  определяются по формулам:

$$k_3 = \frac{V_d}{V_H}; k_k = 1 - \frac{V_{PO}}{V_H}; k_{ки} = 1 - \frac{V_C}{V_d}, \quad (9)$$

где  $V_d$  – действительный объем корма в межскребковом пространстве материалопровода, м<sup>3</sup>;  $V_H$  – объем межскребкового пространства материалопровода, м<sup>3</sup>;  $V_{PO}$  – объем, занимаемый рабочим органом, м<sup>3</sup>;  $V_C$  – объем материала, находящийся в полости скребка, м<sup>3</sup>.

При перемещении материала в поворотном устройстве на скребок кроме указанных сил, воздействуют центробежные силы:  $P_C$  – материала в полости скребка,  $P_{PO}$  – рабочего органа,  $P_M$  – материала на участке В. С учетом этих сил усилие, оказываемое на скребок в поворотном устройстве, запишется:

$$F_2 = (M_M + M_{PO} + M_O)\omega_n^2 R_{II} + g(M_M + M_{PO})(f_{CT} + \sin\theta) + \frac{\pi \rho d^3 g (e^{4f_{CT} k_B H k_3 k_k k_n - 1}) \cdot (f_{CT} + \sin\theta)}{4k_b}, \quad (10)$$

где  $\omega_n$  – угловая скорость звездочки поворотного устройства, с<sup>-1</sup>;  $R_{II}$  – радиус поворотного устройства, м;  $M_O$  – масса материала в межскребковом пространстве материалопровода, без  $M_M$ , кг.

Необходимая на привод мощность  $N$  (Вт) пропорциональна длине рабочей трубы  $L$ , поэтому целесообразно рассматривать не абстрактную необходимую на привод мощность, а мощность привода при работе с трубой, имеющей длину  $L$  (м).

Энергоемкость  $N_{уд}$  (Дж/кг·м) определится:

$$N_{уд} = \frac{\nu(F_1 \cdot Z_1 + F_2 \cdot Z_2 \cdot n_2)}{Q_T \cdot L \cdot \eta}, \quad (11)$$

где  $Z_1$  – количество межскребковых пространств, заполненных материалом на прямолинейном участке;  $Z_2$  – количество межскребковых пространств, заполненных материалом в поворотном устройстве;  $n_2$  – количество поворотных устройств;  $\eta$  – КПД привода.

**Заключение.** Теоретически обоснована форма чаши скребка в виде полусферы с углом относительно направляющей трубы не менее угла трения материала о стенки чаши; установлены выражения, позволяющие рассчитать основные параметры скребково-тросового конвейера.

#### Библиографический список

1. Сыроватка, В. И. Новые технические решения приготовления комбикормов в хозяйствах / В. И. Сыроватка, Н. В. Обухова, А. С. Комарчук // Кормопроизводство. – 2010. – №7. – С. 42-45.
2. Лянденбургский, В. В. Совершенствование канатно-скребкового кормораздатчика для птицы с обоснованием его конструктивно-режимных параметров : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Лянденбургский Владимир Владимирович. – Саратов, 1997. – 164 с.
3. Лянденбургский, В. В. Канатно-скребковый кормораздатчик для птицы / В. В. Лянденбургский, В. Н. Стригин // Птицеводство. – 2002. – №8. – С. 23-26.
4. Лянденбургский, В. В. Совершенствование канатно-скребкового кормораздатчика для птицы / В. В. Лянденбургский, В. Н. Стригин // Механизация и электрификация в сельском хозяйстве. – 2002. – №9. – С. 31-33.
5. Прохоров, А. В. Совершенствование букерного кормораздатчика для свиней с регулировкой захватывающей способностью шнековых дозаторов : дис....канд. техн. наук : 05.20.01 / Прохоров Алексей Владимирович. – Тамбов, 2001. – 139 с.
6. Пат. 2452173 Российская Федерация, А01К5/02 Раздатчик комбикормов / Повалихин Н. В., Андрюхина О. Л., Скоркин В. К. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии. – №2010140068/13 ; заявл. 29.09.2010 ; опубл. 10.06.2012.
7. Кульпин, И. М. Обоснование режимов работы цепного кормораздатчика для птиц : дис... канд. техн. наук : 05.20.01 / Кульпин Илья Михайлович. – Уральск, 2003. – 163 с.

УДК 664.732.7

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ДИСКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРНЕПЛОДОВ

**Петрова Светлана Станиславовна**, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: ssaariz@mail.ru

**Коновалов Владимир Викторович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Теоретическая и прикладная механика», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440039, Пензенская область, г. Пенза, проезд Байдукова, 1а.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

**Волков Сергей Васильевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Теоретическая и прикладная механика», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440039, Пензенская область, г. Пенза, проезд Байдукова, 1а.

fpk\_pgta@mail.ru

**Воронова Инна Александровна**, канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: sha\_penza@mail.ru

**Ключевые слова:** корнеплоды, клубнеплоды, измельчитель, ножи, энергоемкость, мощность, производительность.

*Цель исследования – аналитически обосновать зависимости по определению основных показателей работы дискового ножевого измельчителя корнеплодов. Повышение молочной продуктивности коров требует*