

ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ ТЕЛЯТ ПРИ СОДЕРЖАНИИ В ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КЛЕТКАХ

SUBSTANTIATION OF THE AUTOMATIC PROCESS OF CALF WEIGHT DETERMINATION UNDER INDIVIDUAL CAGE HOUSING TECHNOLOGY

Ключевые слова: индивидуальная клетка, теленок, коэффициент катаболизма, физиологический статус, автоматизация, реакция опор, координатное положение тела.

Рассмотрена проблема своевременного определения массы теленка с целью мониторинга его физиологического состояния при содержании в индивидуальной клетке. Дано теоретическое обоснование для определения изменений реакций в опорах индивидуальной клетки с учетом массы теленка и его координатного положения. Для оценки эффективности процесса автоматического определения массы теленка были проведены экспериментальные исследования по изменению реакции опоры клетки при перемещении груза массой 21,45 и 40,15 кг по поверхности с размерами 1,2×0,8 м. Результаты проведенных исследований подтвердили возможность использования изменения реакции опоры дна клетки теленка для автоматического определения его веса и координаты движения по периметру клетки. Автоматическое определение массы и координат движения теленка по периметру клетки позволит своевременно определять его физиологическое состояние и жизнеспособность, корректировать мероприятия по его росту, а также значительно снизить затраты ручного труда на его индивидуальное содержание. Реализация полученных результатов позволит более эффективно выращивать телят на фермах крупного рогатого скота.

Keywords: individual cage, calf, catabolism coefficient, physiological status, automation, support response, body coordinates.

The issue of timely determination of calf weight in order to control calf physiological state when housed in an individual cage is discussed. A theoretical substantiation for determining changes in the response of the supports of an individual cage taking into account calf weight and calf body coordinate position is presented. To evaluate the effectiveness of the automatic calf weight determination, experimental studies were conducted on the change of the cage support response when moving a load weighing 21.45 kg and 40.15 kg on a surface of 1.2 × 0.8 m. The research findings confirmed the possibility of using the changes in the support response at the bottom of the calf cage to automatically determine calf weight and coordinate movement along the perimeter of the cage. Automatic determination of the weight and coordinates of movement of a calf along the perimeter of the cage will allow determining its physiological condition and viability in a timely manner, adjust measures for its growth, and significantly reduce the cost of manual labor for its individual management. The implementation of the results obtained will make it possible to raise calves more effectively on livestock farms.

Христенко Александр Геннадьевич, к.т.н., доцент, доцент каф. механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции, Новосибирский государственный аграрный университет. Тел.: (383) 349-15-34. E-mail: a-hristenko@mail.ru.

Александров Игорь Юрьевич, к.т.н., доцент каф. «Механизация производства и переработки сельскохозяйственной продукции», Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 203-272. E-mail: ig.aleksandrov@mail.ru.

Диденко Александр Александрович, к.т.н., доцент каф. механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции, Новосибирский государственный аграрный университет. Тел.: (383) 349-15-34. E-mail: didenkonsau@mail.ru.

Khristenko Aleksandr Gennadyevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Novosibirsk State Agricultural University. Ph.: (383) 349-15-34. E-mail: a-hristenko@mail.ru.

Aleksandrov Igor Yuryevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agricultural Production and Processing Mechanization, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 203-272. E-mail: ig.aleksandrov@mail.ru.

Didenko Aleksandr Aleksandrovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Novosibirsk State Agricultural University. Ph.: (383) 349-15-34. E-mail: didenkonsau@mail.ru.

Пшенов Евгений Александрович, к.т.н., доцент, доцент каф. механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции, Новосибирский государственный аграрный университет. Тел.: (383) 349-15-34. E-mail: evgen_mex@mail.ru.

Бекова Юлия Алексеевна, учебный мастер каф. механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции, Новосибирский государствен-

ный аграрный университет. Тел.: (383) 349-15-34. E-mail: yuliya_izyurova@mail.ru.

Pshenov Yevgeniy Aleksandrovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Novosibirsk State Agricultural University. Ph.: (383) 349-15-34. E-mail: evgen_mex@mail.ru.

Bekova Yuliya Alekseyevna, Instructor, Novosibirsk State Agricultural University. Ph.: (383) 349-15-34. E-mail: yuliya_izyurova@mail.ru.

Введение

Применяемые сегодня технологии и оборудование для выращивания телят молочного периода в большинстве сельскохозяйственных предприятий далеки от совершенства. Это заключается в высоких затратах ручного труда при обслуживании животных, низком уровне физиологического взаимодействия машин и животных, в результате это приводит к неполноценному развитию генетического потенциала и снижению дальнейшей продуктивности животных [1].

Процесс физиологического развития телят требует ранжированного подхода в их обслуживании, поэтому правильная технология содержания требует разделения на половозрастные группы с определяющими условиями их обслуживания [2].

Классическая технология предусматривает размещение новорожденных телят в профилакторий, который является составной частью родильного отделения и разделяется на секции. Функционируют секции по принципу «пусто – занято» и заполняются новорожденными телятами в течение 2-4 дней. Телят в профилактории содержат в индивидуальных клетках до 14-20-дневного возраста, затем переводят в телятник [3, 4].

На сегодняшний день наиболее распространенной конструкцией индивидуальной клетки для новорожденных телят является клетка Эверса, имеющая размеры 1200×1000 мм, также применяют узкогабаритные клетки, размерами шириной 1200×800 мм.

С рождения развитые телята, с высоким морфофункциональным статусом организма и жизнеспособностью обладают положительными в динамике показателями двигательной активности. Конечности вследствие быстрого тонуса скелетных мышц принимают соответствующие положения на фоне длительной флексии в суставах. Реализация статолокомоторных рефлексов проявляется через несколько минут после рождения. Через 30 мин. реализуют положение статики тела на шатких конечностях. К

концу суток активно передвигаются в направлении источника корма. Акты движения нарастают перед кормлением [5]. В целом клинически полноценными считаются телята, которые при рождении имеют живую массу 6-8% массы матери, поднимаются после рождения на ноги в течение 0,5-2 ч после рождения, обладают четко выраженным рефлексом сосания и аппетитом.

Недоразвитые телята с низким морфофункциональным статусом организма и жизнеспособностью обладают пониженным динамическим статусом двигательной активности. Реализация статолокомоторных актов у таких новорожденных телят осуществляется через 1-6 ч (зависит от степени пренатального недоразвития) [5]. Непопулярные, физиологически незрелые телята вялые, малоподвижны, много лежат, неохотно поднимаются, сосательный рефлекс и аппетит слабо выражены.

Физиологические параметры телят и их клинические показатели определяются индивидуально визуальным путем, наблюдением обслуживающего персонала или ветеринаром.

Отметим, что живая масса – важный показатель оценки мясной и молочной продуктивности. Животные мясного типа отличаются сравнительно ранним достижением максимальной массы, а животные молочного типа – относительно длительным сохранением оптимальной её величины. Для лучшего использования биологических резервов роста необходимо знать закономерности возрастных изменений массы животного и норму реакции генотипа на конкретные изменения условий жизни.

Одним из общих показателей физиологического состояния новорожденных телят является уровень их жизнеспособности, который определяют по коэффициенту катаболизма [5, 6]:

$$K = \frac{M_1}{M_2}, \quad (1)$$

где M_1 – масса теленка при рождении, кг;

M_2 – масса теленка при втором взвешивании за определенный период содержания, кг.

Нормальным считается коэффициент катаболизма, равный 0,99-1,05.

Как видно из выражения (1), основным показателем физиологического состояния телят является прирост их массы за определенный период содержания. Так, исследования больных диспепсией новорожденных телят показывают значительную потерю массы, которая составляет 2,3-2,6 кг в сутки, а максимальный суточный привес здоровых телят достигал до 1 кг [7].

Оперативное определение массы теленка возможно по таблице Фровейна, путем замера обхвата груди животного и косой длины его тела, но такой способ дает большую погрешность. Второй, более точный, способ определения массы телят возможен при использовании весов, прямоугольной конструкции с боковыми ограждениями и калитками. Для определения массы теленка на весах, оператор вручную перемещает его из клетки на весы и затем обратно.

Оба способа определения массы являются достаточно трудоемкими процедурами и требуют высоких затрат ручного труда обслуживающего персонала. В связи с этим для своевременного определения массы и физиологического состояния телят, а также снижения затрат ручного труда необходимо автоматизировать процесс взвешивания при их содержании в индивидуальных клетках.

Цель исследований – обоснование изменения показателя в реакциях опор клетки с показателями физиологического состояния телят.

Метод исследования

Результатом своевременного определения массы телят и снижения затрат ручного труда будет являться автоматическое определение массы за счет их взаимодействия с конструктивными элементами клетки, в нашем случае – дном. Динамику изменения показателей массы и активности теленка возможно определять при использовании автоматизированных систем отслеживания данных показателей непосредственно в индивидуальной клетке [8-10].

Конструкция клетки состоит из передней стенки 1 с дверцей 2 для помещения в клетку теленка, задней 3 и боковых 4 стенок (рис. 1). Дно клетки 5 выполнено с отверстиями 6 для стекания влаги и технологической воды. Дно клетки 5 устанавливается по периметру на весовые тензометрические датчики 7, которые устанавливаются на передней 1 и задней 3 стенках клетки. Под дном клетки 5 устанавливается поддон 8 под уклоном к передней стенке 1 клетки для сбора влаги и технологической воды. Весовые электрические датчики 7 передают сигнал в зависимости от веса теленка на пульт управления, установленный на передней стенке клетки.

Тензометрические датчики, установленные на дне клетки, воспринимают нагрузку, выраженную в реакциях соответствующих опор, с учетом массы теленка.

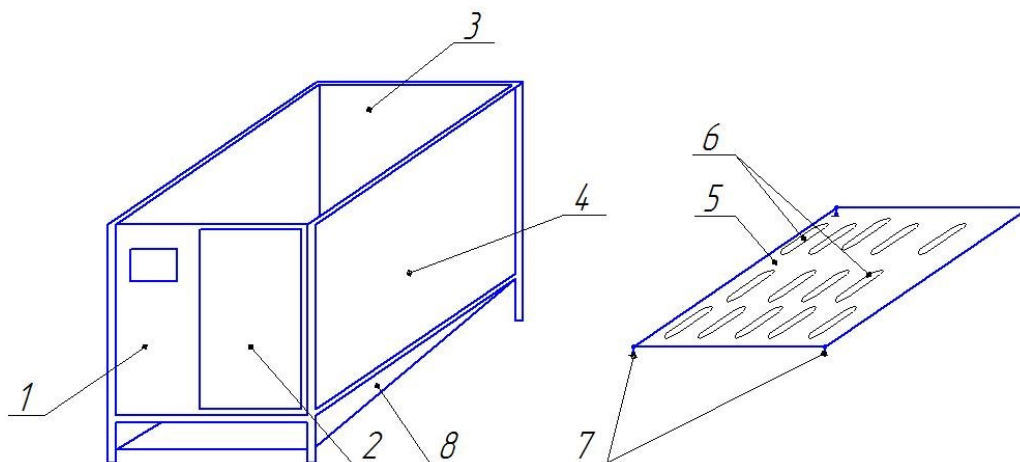


Рис. 1. Клетка для индивидуального содержания новорожденного теленка:
1 – передняя стенка; 2 – дверца; 3 – стенка задняя; 4 – стенка боковая; 5 – дно клетки;
6 – отверстие; 7 – весовые тензометрические датчики; 8 – поддон

Одним из определяющих факторов результативного определения массы теленка в предложенной конструкции индивидуальной клетки является определение центра тяжести его тела. Центром тяжести тела теленка, приведенным в работе [11, 12], является центр параллельных сил тяжести частей этого тела. Координаты центра тяжести объема, всего тела теленка x_0 , y_0 и z_0 определяются в соответствии с уравнениями:

$$x_0 = \frac{\int xdM}{M}; y_0 = \frac{\int ydM}{M}; z_0 = \frac{\int zdM}{M}, \quad (2)$$

где x, y, z – координаты центра тяжести элементарных частей dM ;

M – полная масса животного.

Для определения активности теленка, его перемещения по периметру дна клетки, необходимо знать изменение реакций опор, на что существенно влияет расположение центра тяжести теленка. Изменение значений в реакциях опор показывает возможность использования для определения активности теленка координатное положение его тела в клетке.

На рисунке 2 изображена расчетная схема с приложением силы тяжести теленка на поверхность дна клетки и реакций опор, действующих на тензометрические датчики, установленных по углам дна клетки.

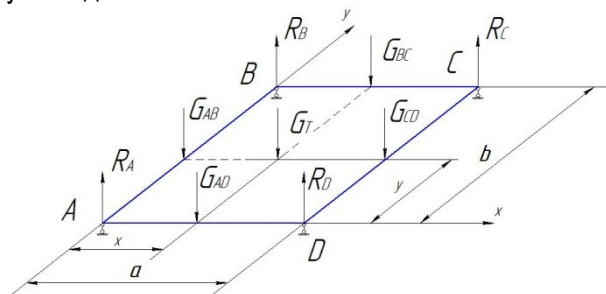


Рис. 2. Расчетная схема реакций опор дна клетки, совмещенная по осям x и y : A, B, C, D – соответствующие точки опоры дна клетки на тензометрические датчики; R_A, R_B, R_C, R_D – реакции опор в соответствующих точках; a, b – ширина и длина клетки соответственно; G_T – сила тяжести от массы теленка; $G_{AB}, G_{BC}, G_{CD}, G_{DA}$ – перенесенные силы тяжести теленка на соответствующие балки дна клетки; x, y – координаты перемещения силы тяжести относительно дна клетки

Для определения реакций опор по углам дна клетки представим конструкцию её дна в виде шарнирно закрепленных между собой балок, тогда, пренебрегая внутренними реакциями свя-

зей, расчет сводится к определению реакций опор по стандартной методике.

Характер изменения показателя реакций опор приведены в следующих вычислениях. Определяем соответствующие реакции опор методом обхода периметра дна клетки, по сторонам между двумя соседними опорами AB, BC, CD и DA [12]. Расчет ведём, принимая одну из опор неподвижной, относительно которой составляем уравнение равновесия моментов, действующих от приложения силы тяжести от массы теленка к соответствующей точке. Для удобства расчета для соответствующей стороны составляем расчетную схему, как показано на рисунке 3.

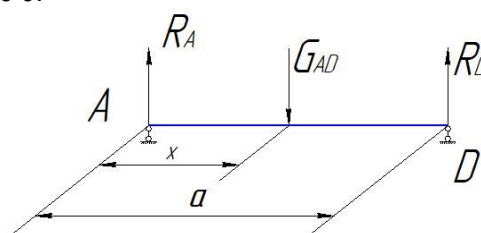


Рис. 3. Расчетная схема к определению реакции опор методом обхода периметра клетки по граням

Запишем уравнение равновесия моментов от сил, действующих на грань AD дна клетки относительно опоры D :

$$-R_A \cdot a + G_{AD} \cdot (a - x) = 0. \quad (3)$$

Из уравнения (3) выразим реакцию опоры A :

$$R_A = \frac{G_{AD} \cdot (a - x)}{a}. \quad (4)$$

В уравнении (4) G_{ad} – приведенная сила тяжести теленка. Определим данную приведенную силу, действующую на балку в зависимости от расположения теленка в плоскости перпендикулярной балки AD . Уравнение для определения перенесенной силы тяжести G_{ad} на балку AD примет вид:

$$G_{AD} = \frac{G_T \cdot (b - y)}{b}. \quad (5)$$

Решая совместно уравнения (4) и (5), определим реакцию опоры R_A :

$$R_A = \frac{G_T \cdot (b - y) \cdot (a - x)}{a \cdot b}. \quad (6)$$

Аналогично определим реакции опор в точках B, C и D . При последующих расчетах реакций опор составляем уравнения моментов относительно точки опоры, реакция в которой определена. Запишем конечные уравнения для

определения реакций опор для соответствующих точек.

Для опоры В:

$$R_B = \frac{G_T \cdot (a-x) \cdot y}{a \cdot b} \quad (7)$$

Для опоры С:

$$R_C = \frac{G_T \cdot x \cdot y}{a \cdot b} \quad (8)$$

Для опоры D:

$$R_D = \frac{G_T \cdot (b-y) \cdot x}{a \cdot b} \quad (9)$$

Для определения активности теленка, выраженной в его координатном перемещении, необходимо, чтобы один из установленных по углу дна клетки тензометрических датчиков был активным и в определенный период времени и фиксировал показатель изменения реакции в соответствующей опоре.

Результаты исследований

Изменение показателя в реакции опоры R_a приведено в виде трехмерной поверхности на рисунке 4. Масса теленка была принята равной 40 кг. Для построения поверхности приняли длину клетки 1,2 м и её ширину равную 0,8 м, шаг изменения координат x и y – 0,1 м. Поверхность графика построена по уравнению (7) в программе Microsoft Office Excel (2003).

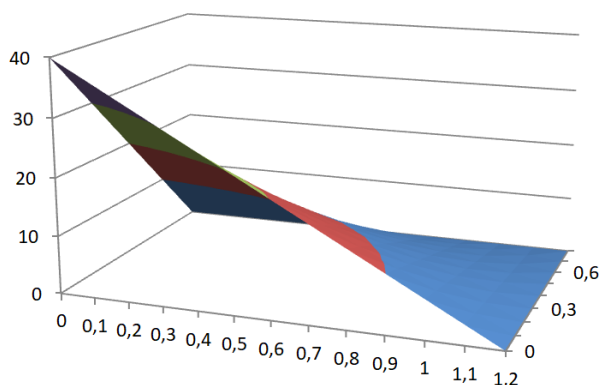


Рис. 4. Изменение реакции опоры, полученное теоретическим расчетом

Для проверки теоретических исследований были проведены лабораторные исследования по определению реакции в опоре дна клетки при координатном перемещении груза. Масса груза, перемещаемого по поверхности дна клетки, составляла 20,15 и 41,45 кг.

Для имитации дна клетки была принята платформа, выполненная из фанеры толщиной 8 мм с размерами 1,1 м по длине и 0,9 м по ши-

рине. По углам были закреплены шарнирные опоры с центрами по длине 1,0 м и ширине 0,8 м. Одна из опор устанавливалась на электронные весы. Нагрузка от соответствующего груза определялась путем его установки на платформу, которая была предварительно разбита на квадраты 20 x 20 см. Центр тяжести груза при его постановке совпадал с пересечением диагоналей соответствующего квадрата.

Реакция в опоре при установленном грузе приведена в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Изменение показателя в реакции опоры платформы при использовании груза массой 20,15 кг

Координата	Показания электронных весов, кг				
	x/y	0,1	0,3	0,5	0,7
0,1	12,85	9,86	7,1	3,95	1,54
0,3	9,25	7,25	4,96	2,95	1,04
0,5	5,9	4,85	3,05	1,5	0,6
0,7	2,15	1,72	1,15	0,5	0,15

Таблица 2

Изменение показателя в реакции опоры платформы при использовании груза массой 41,45 кг

Координата	Показания электронных весов, кг				
	x/y	0,1	0,3	0,5	0,7
0,1	12,85	9,86	7,1	3,95	1,54
0,3	9,25	7,25	4,96	2,95	1,04
0,5	5,9	4,85	3,05	1,5	0,6
0,7	2,15	1,72	1,15	0,5	0,15

Для наглядности приведем график поверхности, показанный на рисунке 5, при массе груза 20,15 кг.

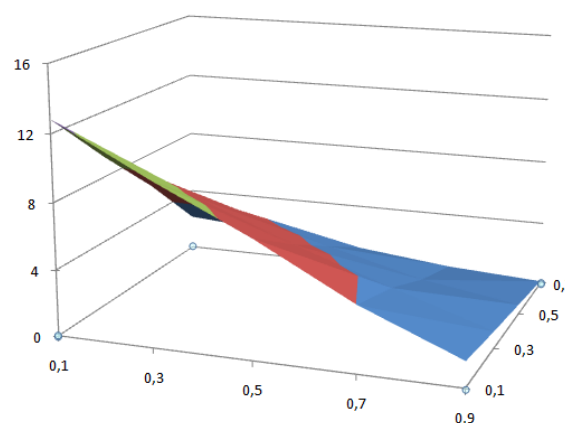


Рис. 5. Изменение реакции опоры, полученное в результате лабораторных исследований

Влияние исследуемого фактора определяли по величине значимости критерия Фишера программы Microsoft Office Excel (2003).

По полученным лабораторным исследованиям $F > F_{кр}$, т.е. $3,53 > 3,24$, что свидетельствует о том, что характер изменения в реакции опоры не зависит от массы, устанавливаемой на платформу. P – Значение $< 0,05$, т.к. P – Значение равно $0,039$, критерий Фишера значим, при этом полученную закономерность изменения показателя реакции опоры в зависимости от изменения координат x и y положения груза можно считать доказанным.

Заключение

В результате теоретических и лабораторных исследований получены результаты, которые доказывают, что характер изменения показателя реакции опоры не зависит от массы перемещаемого по платформе груза.

Полученная поверхность при цифровой обработке показателя нагрузки в реакции опоры A определяет координатное положение тела теленка в соответствующей области периметра клетки. Обработка статистических данных положения тела теленка при его индивидуальном содержании в клетке позволит определять показатель его активности, характеризующий процесс физиологического развития.

Библиографический список

1. Острецов, В. Н. Эффективность механизации животноводства / В. Н. Острецов, В. В. Жильцов. – Текст: непосредственный // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2012. – № 2 (20). – С. 115-119.

2. Леонтьева, И. Л. Физиологический статус телят в раннем постнатальном онтогенезе и способ его коррекции / И. Л. Леонтьева. – Москва: ООО «АР-Консалт», 2017. – 84 с. – Текст: непосредственный.

3. НТП 1-99. Нормы технологического проектирования предприятий крупного рогатого скота / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации. – Москва: Институт «НИПИагропром», 1999. – 50 с. – Текст: непосредственный.

4. Шалина, М. В. Изучение различных технологий содержания и кормления телят в молочный период / М. В. Шалина. – Текст: непосредственный // Вестник АГАУ. – 2003. – № 4 (12). – С. 103-104.

5. Баймишев, Х. Б. Биологические основы ветеринарной неонатологии: монография / Х. Б. Баймишев, Б. В. Криштофорова, В. В. Лемещенко [и др.]. – Самара: РИЦ СГСХА, 2013. – 452 с. – Текст: непосредственный.

6. Политова, Е. О. Оценка определения коэффициента катаболизма у клинически здоровых новорожденных телят / Е. О. Политова, А. А. Эленшлегер. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 3 (113). – С. 85-90.

7. Политова, Е. О. Оценка определения коэффициента катаболизма у новорожденных телят больных диспепсией / Е. О. Политова, А. А. Эленшлегер. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4 (114). – С. 114-118.

8. Патент 141848 Российская Федерация. МПК А01К 1/02. Клетка для индивидуального содержания новорожденных телят / Христенко А. Г., Пшенов Е. А., Изюрова Ю. А., Кандэй М. О. – 2013157416/13; заявл. 21.12.2013; опубл. 20.06.2014, Бюл. № 17. – 3 с. – Текст: непосредственный.

9. Swartz, T., McGilliard, M.L., Petersson-Wolfe, C. (2016). Technical note: The use of an accelerometer for measuring step activity and lying behaviors in dairy calves. *Journal of Dairy Science*. 99. 10.3168/jds.2016-11297.

10. Sutherland, M., Lowe, G.L., Huddart, F., et al. (2018). Measurement of dairy calf behavior prior to onset of clinical disease and in response to disbudding using automated calf feeders and accelerometers. *Journal of Dairy Science*. 101. 10.3168/jds.2017-14207.

11. Овчинников, А. А. Реализация генетического потенциала теленка при индустриальной технологии содержания / А. А. Овчинников, Е. Н. Чернова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 6 (92). – С. 54-57.

12. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов: учебник для вузов / В. И. Феодосьев. – 10-е изд., перераб. и доп. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. – 592 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Ostretsov V.N., Zhiltsov V.V. Effektivnost mekhanizatsii zhivotnovodstva // Ekonomicheskie i

sotsialnye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz. – 2012. – No. 2 (20). – S.115-119.

2. Leonteva I.L. Fiziologicheskii status telyat v rannem postnatalnom ontogeneze i sposob ego korrektsii / I.L. Leonteva. – Moskva: OOO «AR-Konsalt», 2017. – 84 s.

3. NTP 1-99. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya predpriyatii krupnogo rogatogo skota / Ministerstvo selskogo khozyaystva i prodovolstviya Rossiyskoy Federatsii. – Moskva: Institut «NIPlagroprom», 1999. – 50 s.

4. Shalina M.V. Izuchenie razlichnykh tekhnologiy sodержaniya i kormleniya telyat v molochnyy period // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2003. – No. 4 (12). – S. 103-104.

5. Biologicheskie osnovy veterinarnoy neonatologii: monografiya / Kh.B. Baymishev, B.V. Krishthorova, V.V. Lemeshchenko, Zh.G. Stegney, I.V. Khrustaleva. – Samara: RITs SGSKhA, 2013 – 452 s.

6. Politova E.O. Otsenka opredeleniya koeffitsienta katabolizma u klinicheski zdorovykh novorozhdennykh telyat / E.O. Politova, A.A. Elenshleger // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – No. 3 (113). – S. 85-90.

7. Elenshleger A.A. Otsenka opredeleniya koeffitsienta katabolizma u novorozhdennykh telyat bolnykh dispepsiy / A.A. Elenshleger, E.O. Politova //

Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – No. 4 (114). – S. 114-118.

8. Pat. 141848 Rossiyskaya Federatsiya. MPK A01K 1/02. Kletka dlya individualnogo sodержaniya novorozhdennykh telyat / Khristenko A.G., Pshenov E.A., Izyurova Yu.A., Kandey M.O. – 2013157416/13; zayavl. 21.12.2013; opubl. 20.06.2014. Byul. No. 17. – 3 s.

9. Swartz, T., McGilliard, M.L., Petersson-Wolfe, C. (2016). Technical note: The use of an accelerometer for measuring step activity and lying behaviors in dairy calves. *Journal of Dairy Science*. 99. 10.3168/jds.2016-11297.

10. Sutherland, M., Lowe, G.L., Huddart, F., et al. (2018). Measurement of dairy calf behavior prior to onset of clinical disease and in response to disbudding using automated calf feeders and accelerometers. *Journal of Dairy Science*. 101. 10.3168/jds.2017-14207.

11. Ovchinnikov A.A., Chernova E.N. Realizatsiya geneticheskogo potentsiala telenka pri industrialnoy tekhnologii sodержaniya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – No. 6 (92). – S. 54-57.

12. Feodosev V.I. Soprotivlenie materialov: ucheb. dlya vuzov. – 10-e izd., pererab. i dop. – Moskva: Izd-vo MGTU im N.E. Bauman, 1999. – 592 s.

