

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.223.2

DOI: 10.26897/2687-1149-2022-5-40-46

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ КОРОВНИКА****ГОРДЕЕВ ВЛАДИСЛАВ ВЛАДИМИРОВИЧ**, канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудникcow-sznii@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6181-396X>; ResearcherID: Y-9104-2019**ХАЗАНОВ ВИКТОР ЕВГЕНЬЕВИЧ**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудникcow-sznii@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2370-0643>**ГОРДЕЕВА ТАТЬЯНА ИВАНОВНА**, канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник

cow-sznii@yandex.ru

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филтровское шоссе, 3

**Аннотация.** При проектировании новых животноводческих ферм важно правильно выбрать объемно-планировочные решения коровников и технологические решения основных производственных процессов, для чего необходима разработка математических зависимостей. В исследовании представлены математические зависимости определения размеров коровника с беспривязно-боксовым содержанием коров при использовании трех вариантов расположения боксов (технологических модулей). Каждая математическая зависимость учитывает несколько факторов: количество коров в группе; параметры технологического модуля, зависящие от живой массы коров (размеры боксов, проходов); выбор ширины кормового стола, канала навозоудаления и скотопргона в зависимости от принятых технических решений выполнения технологических процессов. Определение общего размера коровника облегчает сравнение различных вариантов планировочных решений коровника с беспривязно-боксовым способом содержания животных с точки зрения финансовых затрат и комфорта животных и позволяет выбрать вариант в зависимости от конкретных условий хозяйства на этапе подготовки технического задания на проектирование. Предложенные зависимости могут быть использованы в алгоритмах проектирования молочных ферм.

**Ключевые слова:** коровник, проектирование, технологический модуль, математическая зависимость

**Формат цитирования:** Гордеев В.В., Хазанов В.Е., Гордеева Т.И. Математические зависимости для определения размеров коровника // Агроинженерия. 2022. Т. 24, № 5. С. 40-46. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-5-40-46>.

© Гордеев В.В., Хазанов В.Е., Гордеева Т.И., 2022



## ORIGINAL PAPER

**MATHEMATICAL RELATIONSHIPS USED  
FOR DETERMINING COW BARN DIMENSIONS****VLADISLAV V. GORDEEV**, PhD (Eng), Associate Professor, Lead Research Engineercow-sznii@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6181-396X>; ResearcherID: Y-9104-2019**VIKTOR E. KHAZANOV**, PhD (Eng), Lead Research Engineercow-sznii@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2370-0643>**TATIANA I. GORDEEVA**, PhD (Eng), Associate Professor, Senior Research Engineer

cow-sznii@yandex.ru

Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – Branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 3, Filtrovskoe Road, Tyarlevo, Saint Petersburg, 196625, Russian Federation

**Abstract.** When designing new livestock farms, it is important to introduce the proper space-planning solutions in cow barns and technological solutions for major production processes. This task requires the development of mathematical relationships. The study presents the mathematical relationships for determining the dimensions of a cow barn for loose cubicle housing of animals using three options for the location of cubicles (technological modules). Each mathematical relationship takes into account several factors. They include the number of cows in the group; parameters of the technological module depending on the live weight of cows (the dimensions of cubicles and alleys); selection of the width of a feed table, a manure removal channel and a cow traffic alley depending on the adopted technological solutions. Determining the overall barn size makes it easier to compare different options of spatial solutions for the loose cubicle housing in terms of financial costs and animal comfort. It also allows selecting an option best suited for specific farm conditions at the stage of preparing the design assignment (basis). The proposed relationships can be used in designing algorithms of dairy farms.

**Keywords:** cow barn, designing, technological module, mathematical relationship

**For citation:** Gordeev V.V., Khazanov V.E., Gordeeva T.I. Mathematical relationships used for determining cow barn dimensions. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2022; 24(5): 40-46. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-5-40-46>.

**Введение.** В молочном скотоводстве используются разнообразные фермы и комплексы по размерам, применяемым системам и способам содержания животных. Однако технические и технологические решения на фермах и комплексах нередко вступают в противоречие с биологическими потребностями и возможностями организма, что приводит к снижению устойчивости животных к неблагоприятным воздействиям внешней среды, ухудшению состояния здоровья, снижению продуктивности и качества получаемой продукции, перерасходу кормов на её образование [10]. Возникает необходимость с помощью технических средств и рациональных технологических решений в создании условий жизнеобеспечения, близких к оптимальным, иначе становится малоэффективной проводимая работа по повышению генетического потенциала продуктивности животных [2]. Во многом эта задача решается на стадии разработки проекта.

Важно при проектировании новых ферм правильно выбрать объемно-планировочные решения коровников и технологические решения основных производственных процессов. Размеры коровников зависят от количества секций и от количества коров в каждой секции. Как правило, планировка коровников и взаимное расположение боксов в них определяются при формировании технического задания на проектирование. При этом чаще всего ориентируются на типовые решения, предлагаемые европейскими или американскими компаниями-поставщиками оборудования, не учитывая особенности конкретного региона. Необходимо до начала проектирования сравнить возможные варианты объемно-планировочных решений по стоимости строительства как важного фактора для определения инвестиционных затрат, связанных с улучшением условий содержания животных в новых зданиях, комфортности содержания животных, окупаемости затрат.

**Цель исследований:** разработка математических зависимостей для определения параметров коровников от количества и размера технологических групп, технологических решений содержания животных, позволяющих сравнить различные варианты на стадии разработки технического задания на проектирование фермы.

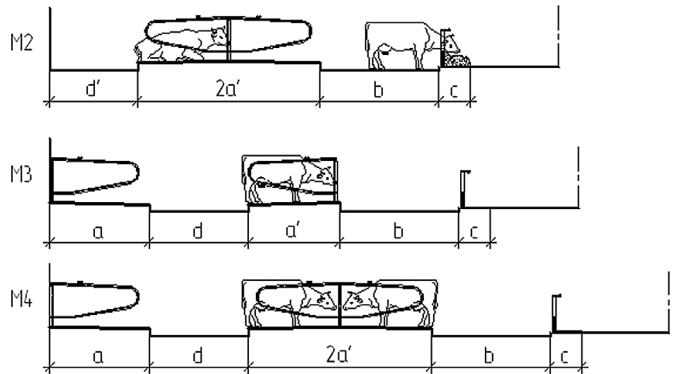
**Материалы и методы.** Рассмотрим коровники, получившие наибольшее распространение, с беспривязно-боксовым содержанием коров. Поскольку стоимость строительства нового коровника напрямую зависит от его размеров, важно на стадии формирования технического задания на проектирование оценить различные варианты планировки с точки зрения критериев комфорта для животных и капитальных затрат на строительство. Необходимо выразить габаритные размеры секций через количество коров в них.

На первом этапе для получения зависимостей определения ширины секции выбраны технологические элементы, определяющие компоновку секций, – технологические модули. Выбор схемы технологического модуля зависит от разновидностей способа содержания коров. При новом строительстве коровников с наиболее распространенным беспривязно-боксовым способом содержания животных практически можно рассматривать три модуля<sup>1</sup> (рис. 1) [3]:

M2 – два ряда совмещенных открытых боксов («Голова к голове»);

M3 – два ряда отдельных боксов – пристенный и открытый («Хвост к хвосту»);

M4 – один ряд пристенных боксов и два ряда совмещенных открытых боксов.



**Рис. 1. Технологические модули**

**для беспривязно-боксового способа содержания коров:**

$a$  – длина пристенного (закрытого с торца) бокса, м;

$a'$  – длина открытого бокса  $a' = 0,9 \cdot a$ , м;

$b$  – ширина кормонавозного прохода, м;

$c$  – ширина кормовой зоны, м;  $d$  – ширина навозного прохода между двумя смежными рядами боксов, м;  $d'$  – ширина навозного прохода для одного ряда боксов  $d' \approx 0,9 \cdot d$ , м

**Fig. 1. Technological modules for the loose cubicle housing of cows:**

$a$  – the length of a wall-adjacent (end-closed) cubicle, m;

$a'$  – the length of an open cubicle,  $a' = 0,9 \cdot a$ , m;

$b$  – the width of a dung alley adjacent to a feed table, m;

$c$  – the width of the feeding area, m;  $d$  – the width of a dung alley between two adjacent rows of cubicles, m;  $d'$  – the width of a dung alley for one row of cubicles,  $d' \approx 0,9 \cdot d$ , m

Значениями, определяющими параметры технологического модуля, являются длина бокса, ширина навозного и кормонавозного проходов. Боксы должны быть такого размера, чтобы в них могли разместиться коровы и чтобы не допускать препятствий для выпада, нормальных движений при подъеме и лежании. Если ширина бокса слишком велика, коровы будут склонны лежать в стойле под углом, или некоторые коровы меньшего размера могут лежать в боксе задом наперед [4, 5]. Вследствие особенностей поведения крупного рогатого скота при вставании длина пристенного (закрытого) бокса должна быть несколько больше, чем открытого:  $a' = 0,9 \cdot a$ . Размеры боксов и ширина проходов зависят от живой массы коров [5, 6, 7], размеров коров и являются величинами переменными. На основе опыта проектирования и эксплуатации новых ферм рекомендуются размеры боксов и проходов в зависимости от живой массы коров (табл. 1).

На втором этапе, с целью получения зависимостей определения длины секций, предложены варианты планировочных решений секций для размещения коров с учетом требований норм технологического проектирования. Количество боксов в секции определяет длину, необходимую для зон отдыха и кормления, и на практике чаще всего соответствует количеству коров, планируемых к размещению в данной секции. В некоторых исследованиях проанализировано влияние как увеличения, так и уменьшения количества боксов по отношению к общему количеству коров, на их поведение и комфорт [8-10]. В первом случае увеличиваются время отдыха коров, кормовой

<sup>1</sup> Модуль M1 – один ряд пристенных боксов – менее распространен.

фронт, а также удельная площадь на 1 гол., во втором случае эти показатели уменьшаются.

На третьем этапе для определения габаритных размеров коровника формируется план и устанавливаются параметры,

используемые в процессе проектирования: места размещения технологического оборудования, скотопрогонов, кормового стола и т.д., зависящие от используемого технологического оборудования, количества коров и др.

Таблица 1

Рекомендуемые размеры боксов и проходов для коров

Table 1

Recommended dimensions of cubicles and alleys for cows

Живая масса коров, кг <i>Live weight of cows, kg</i>	Длина бокса, м / <i>Cubicle length, m</i>		Ширина прохода, м / <i>Alley width, m</i>	
	Открытый (a') <i>Open cubicle (a')</i>	Пристенный (a) <i>Wall-adjacent cubicle (a)</i>	Кормонавозный (b) <i>Dung alley next to a feed table (b)</i>	Навозный (d) <i>Dung alley(d)</i>
360...550	2,1	2,35	3,4	2,6
550...600	2,3	2,55	3,6	2,7
600...650	2,4	2,65	3,8	2,8
650...700	2,5	2,75	4,0	3,0

Технолог несет ответственность за выбор наиболее подходящих размеров в каждом конкретном случае.

**Результаты и их обсуждение.** Зависимость для определения ширины каждого технологического модуля можно записать в виде:

Модуль M2:  $B2 = d' + 2a' + b = 0,9d + 1,8a + b;$  (1)

Модуль M3:  $B3 = a + d + 0,9a + b = 1,9a + d + b;$  (2)

Модуль M4:  $B4 = a + d + 2a' + b = 2,8a + d + b.$  (3)

Подставив в выражения (1)-(3) данные таблицы 1, получим характер изменения ширины технологического модуля в зависимости от живой массы коров (рис. 2).

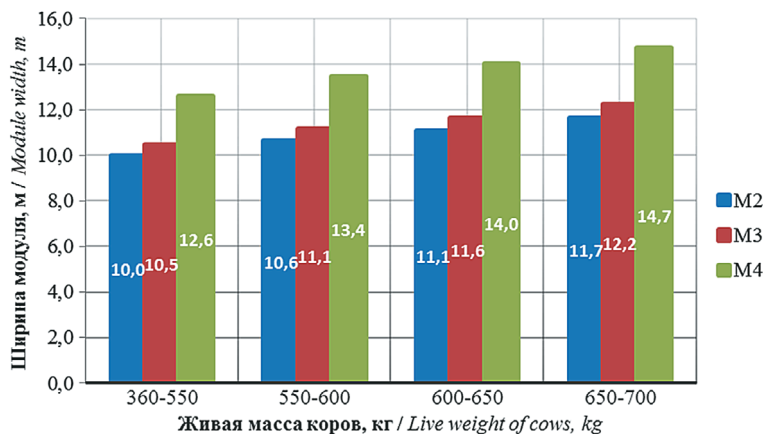


Рис. 2. Ширина технологического модуля в зависимости от живой массы коров

Fig 2. Width of the technological module depending on the live weight of cows

Согласно рисунку 2 отметим, что изменение ширины каждого технологического модуля в зависимости от живой массы коров является линейной и составляет в среднем 16,6%.

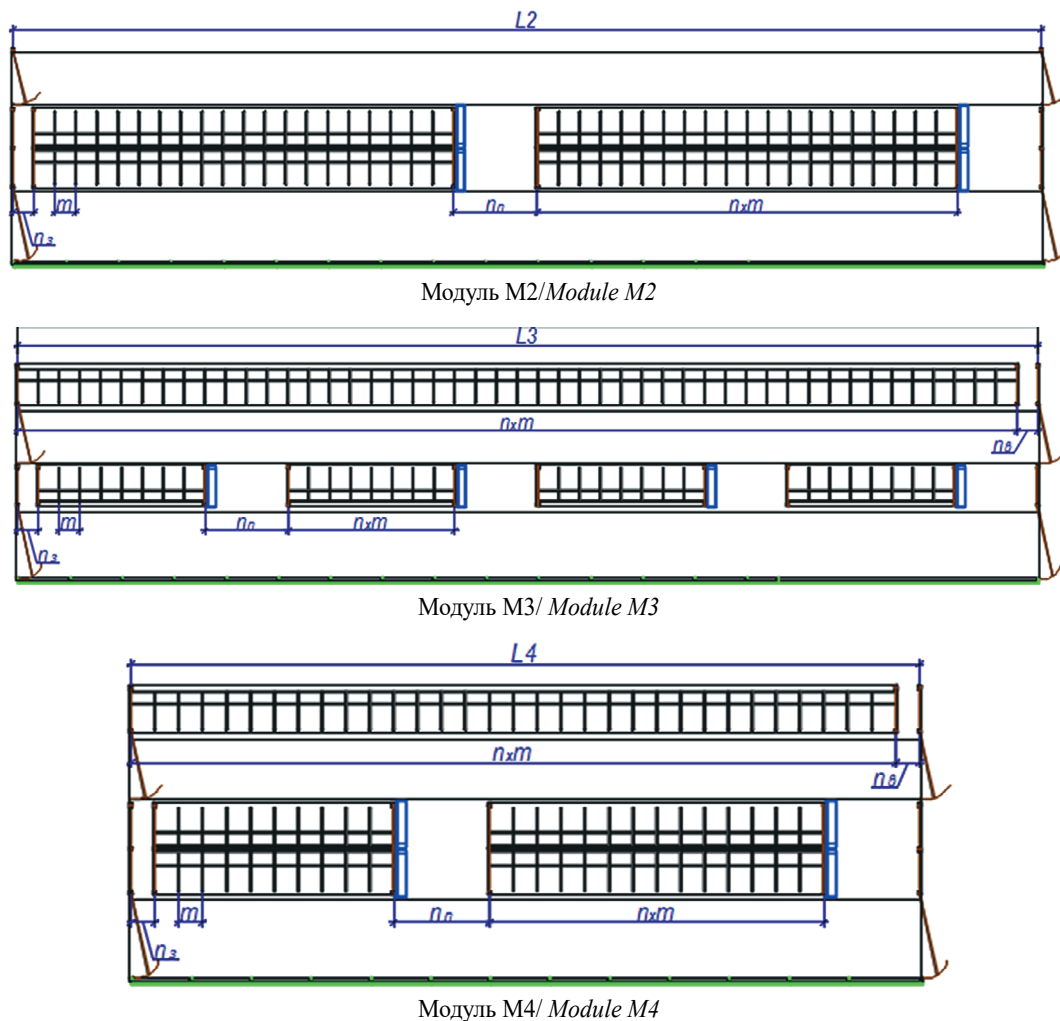
Для каждой технологической секции с соответствующим модулем размещения боксов можно определить ее длину, исходя из принятого количества голов в ней и планировки секции для каждого модуля (рис. 3).

Длина секций для размещения одной технологической группы определяется количеством скотомест, часто совпадающим с количеством голов в группе, и шириной боксов, количеством их рядов в технологическом модуле, а также количеством боксов, замещённых проходами: выхода на кормовыгульный двор, торцевого прохода для зооветеринарных процедур и прохода с поилками.

Выход на кормовыгульный двор замещает один бокс, и, как показала практика, этого достаточно для свободного

входа-выхода животных. Выход на кормовыгульный двор желателен, но не всегда удается его организовать, поэтому количество боксов, замещаемых этой составляющей ( $n_6$ ), составляет 1 или 0. Отметим, что в модуле M2 эта составляющая отсутствует.

Торцевой проход предлагается сделать для ликвидации тупиков в секциях и снижения риска травматизма животных при ранговых стычках, а при установке в этом проходе калитки с фиксацией или шейных ворот можно будет осуществлять зооветеринарные процедуры [11]. Этот проход ( $n_3$ ) также замещает один бокс в каждом ряду между навозным и кормонавозным проходами, то есть  $n_3 = 2$  для M2 и M4,  $n_3 = 1$  для M3. При условии, что торцевой проход ( $n_3$ ) необходим в любом модуле, в выражении расчета длины секции будет иметь место цифровое обозначение: 1 или 2.



**Рис. 3. Планировка секций с одинаковым количеством скотомест для каждого модуля:**

$L$  – длина секции для размещения одной технологической группы;  $n$  – количество скотомест;  $m$  – ширина бокса;  $n_g$  – количество выходов на кормовыгульный двор;  $n_s$  – количество торцевых проходов для зооветеринарных процедур;  $n_n$  – количество боксов, замещаемых проходом с поилками

**Fig. 3. Layout of sections with the same number of animal pens in each module:**

$L$  – the length of a section for housing one technological group;  $n$  – number of animal pens;  $m$  – the width of a cubicle;  $n_g$  – number of exits to the grazing and exercise yard;  $n_s$  – number of end-type cow traffic alleys to veterinary procedures;  $n_n$  – the number of cubicles replaced by an alley with drinkers

Количество проходов с поилками ( $q$ ) в секции зависит от общей полезной длины поилок (фронта поения), который должен составлять не менее 100 мм на 1 гол.<sup>2</sup>, но в каждой секции должно быть не менее двух проходов, а количество замещаемых данным проходом боксов при каждой поилке ( $n_n$ ) может быть разным (3 и более). С учетом вышесказанного количество проходов с поилками ( $q$ ) в секции можно выразить следующей зависимостью:

$$q = \frac{n \cdot 0,1}{L_{\text{поилки}}}, \tag{4}$$

где  $n$  – количество скотомест в секции, гол.,  $L_{\text{поилки}}$  – полезная длина поилки, м.

Учитывая то, что длина бокса для коров составляет  $a' \geq 2,5$  м, можно принять из стандартного ряда, что  $L_{\text{поилки}} = 2,2$  м. Тогда  $q = 0,045 \cdot n$  – округленное до целого числа. При этом в сдво-

енных рядах боксов (М2 и М4) длина поилки (или двух совмещенных поилок) будет в два раза больше, чем в одинарном ряду (М3) (рис. 2), поэтому количество проходов с поилками в модуле М3 будет больше, чем в модулях М2 и М4.

С учетом вышесказанного зависимость для определения длины секции может быть записана в следующем виде:

$$\text{Модуль М2: } L_{\text{секц.}} = m \cdot \left[ \frac{n+2+n_n \cdot [0,045 \cdot n]}{2} \right]; \tag{5}$$

$$\text{Модуль М3: } L_{\text{секц.}} = m \cdot \left[ \frac{n+1+n_n \cdot [0,045 \cdot n]}{2} \right]; \tag{6}$$

$$\text{Модуль М4: } L_{\text{секц.}} = m \cdot \left[ \frac{n+2+n_n \cdot [0,045 \cdot n]}{3} \right]. \tag{7}$$

При проектировании нового здания одной из важнейших задач, поставленных перед проектировщиками, является создание наиболее комфортных условий для содержания животных. Одним из критериев комфортности для животных при разных технологических модулях является длина

<sup>2</sup> Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. РД-АПК 1.10.01.01-18. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 166 с.

кормового фронта, то есть длина кормового стола, приходящаяся на одно животное [122]. Длина кормового фронта определяется выражением:

$$F_i = \frac{L_{\text{секц.}}}{n} \tag{8}$$

При выборе различных технологических модулей мы имеем различную длину кормового фронта согласно формулам (5)-(7).

Определим для примера кормовой фронт при различных технологических модулях при условии, что размер технологической группы не превышает рекомендуемый  $n = 80$  гол., ширина боксов  $m = 1,2$  м,  $n_n = 4$  и  $n_b = 0$ , то есть выход на кормовыгульный двор не предусмотрен:

$$\text{Модуль М2: } F_2 = \frac{1,2}{80} \cdot \left[ \frac{80 + 2 + 4 \cdot [0,045 \cdot 80]}{2} \right] = 0,735 \text{ м;}$$

$$\text{Модуль М3: } F_3 = \frac{1,2}{80} \cdot \left[ \frac{80 + 1 + 0 + 4 \cdot [0,045 \cdot 80]}{2} \right] = 0,735 \text{ м;}$$

$$\text{Модуль М4: } F_4 = \frac{1,2}{80} \cdot \left[ \frac{80 + 2 + 0 + 4 \cdot [0,045 \cdot 80]}{3} \right] = 0,495 \text{ м.}$$

Из приведенных расчетов следует, что при выборе модуля М4 фронт кормления составляет 2/3 от количества коров в группе, то есть коровы третьего ряда одновременно с остальными подойти к кормовому столу не могут. Тем не менее постоянное наличие кормов на кормовых столах и своевременное их пододвигание обеспечивают возможность всем животным в технологической группе получить необходимое количество кормов. Но необходимо признать, что модуль М4 снижает комфорт содержания животных и увеличивает количество ранговых стычек. При выборе модулей М2 и М3 фронт кормления позволяет всем коровам в технологической группе одновременно находиться у кормового стола, что создает

наиболее комфортные условия, снижает влияние ранговых отношений в группе, но при этом увеличиваются удельная площадь коровника и соответственно стоимость строительства. Поэтому наибольшее распространение получил модуль М4, особенно для коров второй и третьей стадий лактации.

**Определение геометрических размеров коровника.** При проектировании коровников учитывают в основном размещение в них четырех и более технологических групп (рис. 3). При этом ширина коровника складывается из ширины принятых технологических модулей ( $B_i$ ), определяющих ширину секции ( $B_{\text{секц.}}$ ), и ширины кормового стола ( $B_{\text{к.ст.}}$ ). Ширина кормового стола зависит от типа и габаритов технических средств, используемых для раздачи корма<sup>3</sup>, и может составлять от 2 до 5 м [13, 14]. Соответственно ширина коровника определяется по формуле:

$$B_{\text{кор.}} = B_{\text{к.ст.}} + \sum B_{\text{секц.}} \tag{9}$$

Длина коровника с учетом его разделения на зоны (рис. 4) будет определяться выражением:

$$L_{\text{кор.}} = 2 \cdot (L_c + L_{\text{секц.}} + L_{\text{пр.}}) + L_{\text{н.к.}} \tag{10}$$

где  $L_c$  – ширина зоны для размещения приводов и раскрытия скреперов (является величиной постоянной и в зависимости от хозяйственных условий может быть принята как  $L_c = 0 \dots 2,5$  м);  $L_{\text{секц.}}$  – длина секции, являющаяся переменной, и рассчитывается по выражениям (5)-(7);  $L_{\text{пр.}}$  – ширина скотопрогона, необходимая для движения коров в доильный зал и обратно (является постоянной, и для современных ферм  $L_{\text{пр.}} = 3,0$  м);  $L_{\text{н.к.}}$  – ширина зоны поперечного канала навозоудаления, зависит от выбранного способа транспортирования собранного навоза (является постоянной и может быть принята для флеш-системы  $L_{\text{н.к.}} = 0,4$  м; для поперечного шнекового конвейера  $L_{\text{н.к.}} = 1,0$  м; в случае использования широких подпольных самотечных каналов с решетками  $L_{\text{н.к.}} = 0$  м).

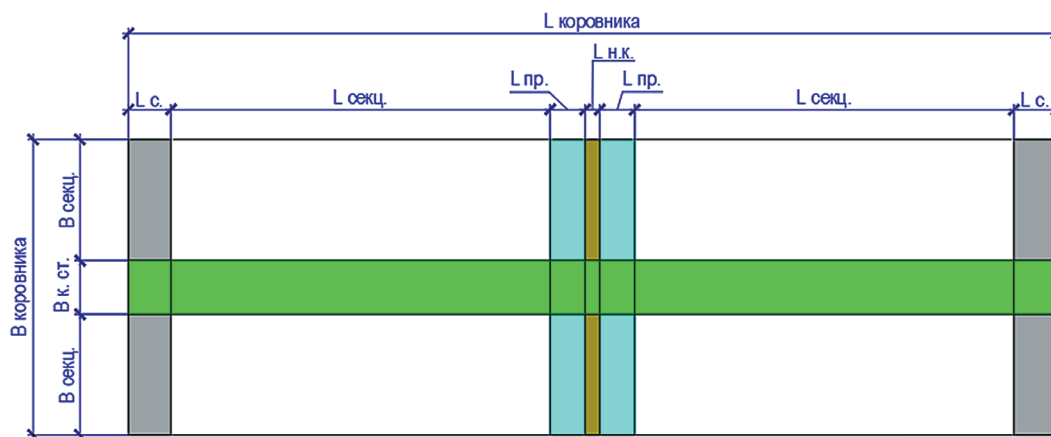


Рис. 4. Схема подразделения коровника на зоны

Fig. 4. Scheme of the cow barn zones

Математические модели определения общих размеров коровника в зависимости от количества голов в группе (коровнике), размеров боксов и проходов можно записать в следующем виде:

Для модуля М2

$$L_{\text{кор.}} = 2 \cdot \left( L_c + m \cdot \left[ \frac{n + 2 + n_n \cdot [0,045 \cdot n]}{2} \right] + L_{\text{пр.}} \right) + L_{\text{н.к.}} \tag{11}$$

$$B_{\text{кор.}} = B_{\text{к.ст.}} + 2 \cdot (0,9d + 1,8a + b). \tag{12}$$

Для модуля М3

$$L_{\text{кор.}} = 2 \cdot \left( L_c + m \cdot \left[ \frac{n + 1 + n_b + n_n \cdot [0,045 \cdot n]}{2} \right] + L_{\text{пр.}} \right) + L_{\text{н.к.}} \tag{13}$$

$$B_{\text{кор.}} = B_{\text{к.ст.}} + 2 \cdot (1,9a + d + b). \tag{14}$$

<sup>3</sup> Каталог продуктов и услуг ДеЛаваль. URL: <http://delaval.usloviyatruda.ru/opencms-8.5.2/export/sites/delaval/.content/images/2015.pdf> (дата обращения: 24.02.2022).

Для модуля М4

$$L_{\text{кор.}} = 2 \cdot \left( L_c + m \cdot \left[ \frac{n+2+n_b+n_n \cdot [0,045 \cdot n]}{3} \right] + L_{\text{пр.}} \right) + L_{\text{п.к.}} \quad (15)$$

$$B_{\text{кор.}} = B_{\text{к.ст.}} + 2 \cdot (2,8a + d + b). \quad (16)$$

Подставив в выражения (12), (14), (16) данные таблицы 1, получим характер изменения и значения ширины коровника

в зависимости от живой массы коров и схемы технологического модуля (рис. 5).

Согласно данным рисунка 5 можно заключить, что увеличение массы коров ведет к увеличению ширины коровника в пределах одного технологического модуля в среднем на 13,7%, а при изменении схемы технологического модуля в пределах одной массы коров изменение ширины коровника в среднем составляет 21,4%.

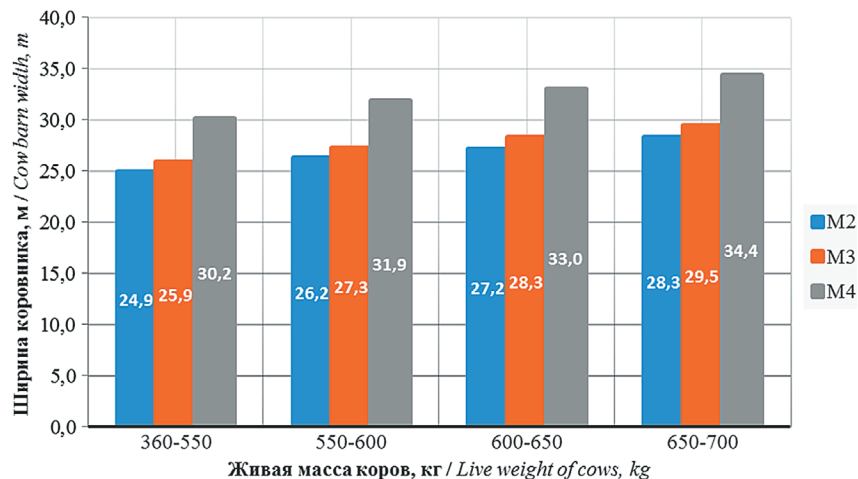


Рис. 5. Зависимость ширины коровника от живой массы коров (при  $B_{\text{к.ст.}} = 5 \text{ м}$ )

Fig. 5. Relationship between the cow barn width and the live weight of cows (with the width of the feed table of 5 m)

### Выводы

Полученные математические зависимости, учитывающие критерии комфорта и капитальные затраты на внедрение технологии, позволят на стадии разработки технического

задания на проектирование оценить варианты планировочного решения коровника с беспривязно-боксовым способом содержания животных и выбрать вариант в зависимости от конкретных условий хозяйства.

### Список использованных источников

1. Трофимов А.Ф., Тимошенко В.Н., Музыка А.А., Москалев А.А., Ковалевский И.А., Шейградова Л.Н. Формирование микроклимата в животноводческих помещениях различного типа для содержания лактирующих коров // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины». 2014. Т. 50, № 2-1. С. 331-335. EDN: SZBLVD.
2. Музыка А.А., Москалев А.А., Шматко Н.Н., Муравьева М.И. Этологические реакции коров в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений зданий // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2017. № 20-2. С. 71-77. EDN: YNITNM.
3. Хазанов Е.Е., Гордеев В.В., Хазанов В.Е. Технология и механизация молочного животноводства: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2016. 592 с. EDN: VLRGNB.
4. Cook N.B. Optimizing resting behavior in lactating dairy cows through free-stall design. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2019; 35 (1): 93-109. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.10.005>
5. Ian Ohnstad. Cow comfort and cubicle design. *Livestock*. 2012; 17: 22-26. <https://doi.org/10.1111/j.2044-3870.2011.00020.x>
6. Хазанов В.Е., Гордеев В.В. Анализ норм технологического проектирования молочных ферм крупного рогатого скота // Молочно-животноводческий вестник. 2018. № 4 (32). С. 85-92. EDN: YURACD.
7. Bickert W.G., Holmes B., Janni K., Kammel D., Stowell R., Zulovich J. Dairy free-stall housing and equipment. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. MWPS-7. 7<sup>th</sup> ed. 2000. 154 p.
8. Култанен А., Мустанен Р., Пуолакка Х. Коровник по размеру коровы – руководство по успешному проектированию и строительству коровника беспривязного содержания. Лаппеенранта: АО «Саймапринт», 2012. 32 с.

### References

1. Trofimov A.F., Timoshenko V.N., Muzyka A.A., Moskalev A.A., Kovalevskiy I.A., Sheigratsova L.N. Formirovanie mikroklimata v zhivotnovodcheskikh pomeshcheniyakh razlichnogo tipa dlya sodержaniya laktiruyushchikh korov [Climate control in livestock houses of various types for keeping lactating cows]. *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya "Vitebskaya ordena "Znak pocheta" gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny"*. 2014; 50 (2-1): 331-335. (In Rus.)
2. Muzyka A.A., Moskalev A.A., Shmatko N.N., Murav'eva M.I. Etologicheskie reaktcii korov v zavisimosti ot ob'umno-planirovochnykh i konstruktivnykh reshenii zdaniy [Ethological reactions of cows depending on the spatial arrangement and structural solutions for buildings] *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*. 2017; 20-2: 71-77. (In Rus.)
3. Khazanov E.E., Gordeev V.V., Khazanov V.E. Tekhnologiya i mekhanizatsiya molochnogo zhivotnovodstva: Ucheb. Posobie [Technology and mechanisation of dairy production. Tutorial]. Saint Petersburg: Lan' Publ., 2016. 592 p. (In Rus.)
4. Cook N.B. Optimizing resting behavior in lactating dairy cows through free-stall design. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2019; 35(1): 93-109. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.10.005>
5. Ohnstad I. Cow comfort and cubicle design. *Livestock*. 2012; 17: 22-26. <https://doi.org/10.1111/j.2044-3870.2011.00020.x>
6. Khazanov V.E., Gordeev V.V. Analiz norm tekhnologicheskogo proektirovaniya molochnykh ferm krupnogo rogatogo skota [Review of technological design standards applicable to dairy farms]. *Molochnokhozyaistvennyy vestnik*. 2018; 4 (32): 85-92. (In Rus.)
7. Bickert W.G., Holmes B., Janni K., Kammel D., Stowell R., Zulovich J. Dairy free-stall housing and equipment. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. MWPS-7. 7<sup>th</sup> ed., 2000. 154 p.
8. Kultananen A., Mustanen R., Puolakka Kh. Korovnik po razmeru korovy – rukovodstvo po uspeshnomu proektirovaniyu i stroitel'stvu korovnika besprivyaznogo sodержaniya [“Cow-sized” barn – a guide to successful free-stall barn design and construction]. Lappeenranta: Saimaprint, 2012. 32 p.

9. Хромов С. Специальные рекомендации по созданию комфортных условий содержания КРС. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dairynews.ru/news/spetsialnye-rekomendatsii-po-sozdaniyu-komfortnykh.html> (дата обращения: 24.02.2022).

10. Winckler C., Tucker C.B., Weary D.M. Effects of under – and overstocking freestalls on dairy cattle behavior. *Applied Animal Behaviour Science*. 2015; 170: 14-19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2015.06.003>

11. Гордеев В.В., Хазанов В.Е. Еще раз о размере технологических групп в коровниках // Сельскохозяйственные вести. 2012. № 4. С. 20-22. EDN: WEBUKR.

12. Шамонина А.И. Фронт кормления как фактор комфортного содержания коров // Ветеринарный журнал Беларуси. 2020. № 2 (13). С. 122-125. EDN: JWNNTD.

13. Кустадинчев А.В., Морозова Н.Д., Фролов В.Ю. Средства механизации доставки и раздачи кормов на животноводческих объектах // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2016. С. 355-356. EDN: VTXXVJL.

14. Тимошенко В., Музыка А., Москалёв А., Шматко Н. Комфорт коров – залог высокой продуктивности // Животноводство России. 2014. № 9. С. 57-58. EDN: SXTTGTJ.

#### Критерии авторства

Гордеев В.В., Хазанов В.Е., Гордеева Т.И. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и подготовили рукопись. Гордеев В.В., Хазанов В.Е., Гордеева Т.И. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 21.03.2022

Одобрена после рецензирования 08.07.2022

Принята к публикации 14.09.2022

9. Khromov S. Spetsial'nye rekomendatsii po sozdaniyu komfortnykh uslovii soderzhaniya KRS [Special recommendations to provide comfortable conditions for cattle housing]. URL: <https://www.dairynews.ru/news/spetsialnye-rekomendatsii-po-sozdaniyu-komfortnykh.html> (Access date 24.02.2022) (In Rus.)

10. Winckler C., Tucker C.B., Weary D.M. Effects of under- and overstocking free-stalls on dairy cattle behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*. 2015; 170: 14-19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2015.06.003>

11. Gordeev V.V., Khazanov V.E. Eshche raz o razmere tekhnologicheskikh grupp v korovnikakh [Once again about the size of technological groups in barns]. *Sel'skokhozyaistvennye vesti*. 2012; 4: 20-22. (In Rus.)

12. Shamonina A.I. Front kormleniya kak faktor komfortnogo sodержaniya korov [Feeding area as a factor of comfortable cows housing]. *Veterinariyny zhurnal Belarusi*. 2020; 2 (13): 122-125. (In Rus.)

13. Kustadinchev A.V., Morozova N.D., Frolov V.Yu. Sredstva mekhanizatsii dostavki i razdachi kormov na zhitovnovodcheskikh ob'ektakh [Mechanical equipment for feed delivery and distribution in livestock facilities]. In: *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: Sb. statei po materialam IX Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh*. Krasnodar: Kubanskii gosudarstvenniy agrarniy universitet im. I.T. Trubilina, 2016: 355-356. (In Rus.)

14. Timoshenko V., Muzyka A., Moskalev A., Shmatko N. Komfort korov – zalog vysokoi produktivnosti [Comfort of cows is the guarantee of high productivity]. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2014; 9: 57-58. (In Rus.)

#### Contribution

V.V. Gordeev, V.E. Khazanov and T.I. Gordeeva performed theoretical studies and, based on the results obtained conducted wrote the manuscript. V.V. Gordeev, V.E. Khazanov and T.I. Gordeeva have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

#### Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The article was received 21.03.2022

Approved after reviewing 08.07.2022

Accepted for publication 14.09.2022