

EP 6.7

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Серия А

№ 75

1956

Л. К. ЮРГЕНСОН

РАСЧЕТ РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Ep. 22

ENSV Tehniste Akadeemia
Keskraamatukogu



ЭСТОНСКОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТАЛЛИН 1956

АННОТАЦИЯ

На основе строительного-физического расчета баланса тепла и влаги выясняется, каким образом ограждающие конструкции и установки воздухообмена определяют режим помещения при учете факта, что выделение водяного пара животными и самим зданием повышается с повышением температуры.

ОТ АВТОРА

Настоящая работа является развитием труда «Зависимость режима влажности, теплоты и содержания CO_2 в помещениях для сельскохозяйственных животных от ограждающих конструкций и установок аэрации»¹. Для большей полноты изложения, в данной работе повторен вывод основных формул расчета и приведена сводка выводов предыдущего труда.

1. ВЫВОДЫ

1. Расчет режима животноводческого помещения требует учета зависимости выделения водяного пара и свободного тепла от режима помещения.

2. Результаты примерных расчетов режима помещения в зависимости от наружной температуры и интенсивности воздухообмена приведены на рис. 5, 6 и 7.

3. Вследствие увеличения выделения водяного пара с повышением температуры, условия обеспечения умеренной влажности воздуха резко ухудшаются при температурах выше 20°C .

4. Температура помещения, близкая к нулю, дает при холодной погоде наиболее низкую относительную влажность.

5. При температуре помещения в $+6^\circ\text{C}$ относительная влажность в 85% может быть обеспечена помещением с $c = 0,01$ при морозе в 19 град., помещением с $c = 0,03$ при морозе в 9 град., а помещением, имеющим $c = 0,05$, лишь при морозе в 4 град.

6. Количества выделяемой влаги и свободного тепла и их зависимость от режима помещения требует более полного исследования в условиях эксплуатации.

7. Уточнение расчета режима не меняет основных выводов относительно теплоизоляции и аэрации, изложенных в предыдущем труде.

¹ Труды Таллинского политехнического института. Серия А № 38, Таллин, 1951 г.

2. РАСЧЕТ РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЙ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Воздух помещений для сельскохозяйственных животных должен быть чистым, достаточно теплым и умеренно сухим. Это диктуется как заботой о здоровье и продуктивности скота, так и требованием соблюдения благоприятных условий для обслуживающего персонала, а также требованием защиты самого здания от последствий чрезмерной влажности.

Строительные нормы предписывают поэтому максимально допустимые количества водяного пара, CO_2 , а также минимальную температуру этих помещений. Так, например, воздух помещений для молочного скота должен иметь температуру выше 6°C , относительную влажность ниже 85% и содержание CO_2 ниже $2,5 \text{ л/м}^3$.

Для выполнения этого требования следует планомерно удалять из помещения количества паров и газов, непрерывно выделяемые скотом, а также испарения от пола. Это достигается легче всего путем организации регулярного обмена воздуха. Однако в стойловый период обмен воздуха связан с расходом тепла, единственным источником которого в неотапливаемом помещении является сам скот. Это обстоятельство ограничивает возможный обмен воздуха и связывает решение задачи с тепловой экономикой помещения. Наличным количеством свободного тепла приходится в первую очередь возместить потери тепла через ограждающие конструкции, и только остающееся количество можно использовать на согревание поступающего наружного воздуха, т. е. на проведение воздухообмена.

Расход тепла на испарение воды организмом животного. Тепло выделяется организмом животного, как и человеческим организмом, отчасти путем испарения воды. Каждый грамм испаренной организмом воды уменьшает, с точки зрения тепловой экономики помещения, количество свободного тепла округленно на $0,585 \text{ ккал}$. Поскольку пар обычно удаляется из помещения в неосажденном виде, все это количество тепла испарения ($0,585 B$) остается потерянными в том смысле, что оно не используется на согревание воздуха или самого помещения. В тепловом хозяйстве помещения остается свободным только то количество тепла, которое выделяется организ-

мом животного путем излучения, конвекции и кондукции. Назовем это вкратце свободным теплом. Количество свободного тепла составляет, следовательно:

$$A = A_0 - 0,585 B.$$

Подставив $B = e_0 A$, получим

$$A = \frac{A_0}{1, + 0,585e_0}. \quad (1)$$

Количество обмениваемого воздуха определяется из количества наличного для этой цели тепла, т. е. из общего выделения свободного тепла животными с вычетом потерь тепла через ограждающие конструкции. При температурном перепаде T потеря тепла через одно ограждение, имеющее площадь F , составляет TKF , и через все ограждающие конструкции помещения $T\Sigma KF$. Количество свободного тепла, которое остается на аэрацию составляет, следовательно, $\Sigma A - T\Sigma KF$. Поскольку согревание Q кг наружного воздуха на T градусов требует $n QT$ ккал, то получим

$$Q = \frac{1}{nT} [\Sigma A - T\Sigma KF].$$

Для получения более общего решения нам целесообразно рассчитывать обмен воздуха на ккал свободного тепла. Разделив обе половины уравнения на приток свободного тепла ΣA , получим:

$$q = \frac{Q}{\Sigma A} = \frac{1}{n} \left[\frac{1}{T} - \frac{\Sigma KF}{\Sigma A} \right].$$

Величина $\frac{\Sigma KF}{\Sigma A}$ зависит от величины и степени теплоизоляции здания и от общего количества свободного тепла, выделяемого животными, и является для данных условий постоянной величиной, которую назовем модулем теплопотерь через ограждающие конструкции c . Величина $c = \frac{\Sigma KF}{\Sigma A}$ показывает долю количества свободного тепла, которое теряется через ограждающие конструкции на каждый градус разницы температур. Следовательно:

$$q = \frac{1}{n} \left[\frac{1}{T} - c \right]. \quad (2)$$

Содержание водяного пара в воздухе помещения тем выше, чем больше выделение пара и чем меньше обмен воздуха. Приток водяного пара на ккал свободного тепла составляет e г/ккал. В условиях установившегося режима этот непрерывный приток пара должен распределиться на также непрерывно обмениваемое количество воздуха q . Воздух помещения содержит поэтому на

$$b = \frac{e}{q} = \frac{en}{\frac{1}{T} - c} \quad \text{г/кг} \quad (3)$$

водяного пара больше, чем наружный воздух. Это количество следует прибавить к содержанию пара в поступающем снаружи воздухе, чтобы найти абсолютное содержание пара в воздухе помещения. Из абсолютного содержания пара можем, соответственно температуре, вычислить относительную влажность.

Содержание CO_2 в помещении определяется аналогичным путем. Поскольку приток CO_2 составляет i л на ккал, то получим

$$d = \frac{in}{\frac{1}{T} - c} \quad \text{л/кг.} \quad (4)$$

Это количество следует прибавить к содержанию CO_2 в поступающем воздухе, чтобы найти содержание CO_2 в удаляемом воздухе, т. е. в воздухе помещения (при установившемся режиме).

Принимая за содержание CO_2 в наружном воздухе 0,23 л/кг, получим содержание CO_2 в воздухе помещения

$$0,23 + \frac{en}{\frac{1}{T} - c} \quad (4a)$$

Соответственно температуре можем из этого вычислить содержание CO_2 в л/м³.

Результаты расчета режима помещения при нормативных количествах выделений для двух примерных значений величины c приведены на рис. 1 и 2. Величина модуля теплопотерь $c = 0,01$ соответствует в наших условиях хорошо теплоизолированному коровнику, а $c = 0,03$ недостаточно теплоизолированному. Существующие нормы проектирования животноводческих помещений² принимают A_0 ,

² ГОСТ 2662—49.

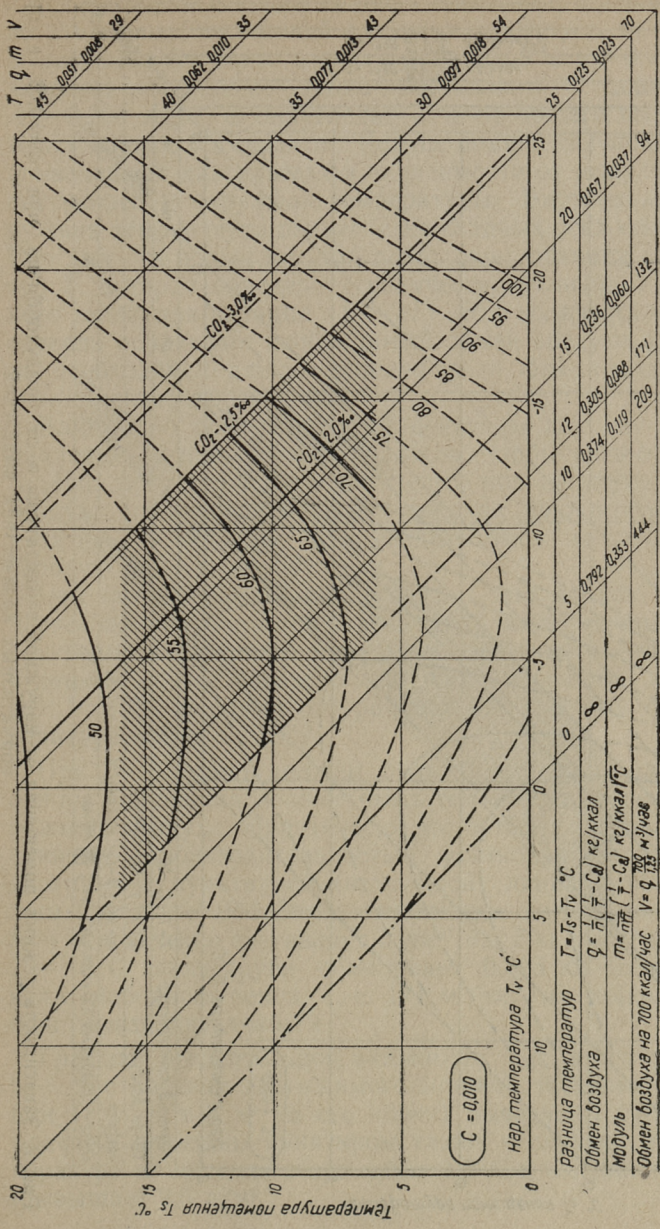


Рис. 1. Зависимость режима помещения от наружной температуры и от воздухообмена при $c = 0,01$ и при нормативных количествах выделений. Штриховкой помечено поле зоотехнически допустимого и физически достижимого режима.

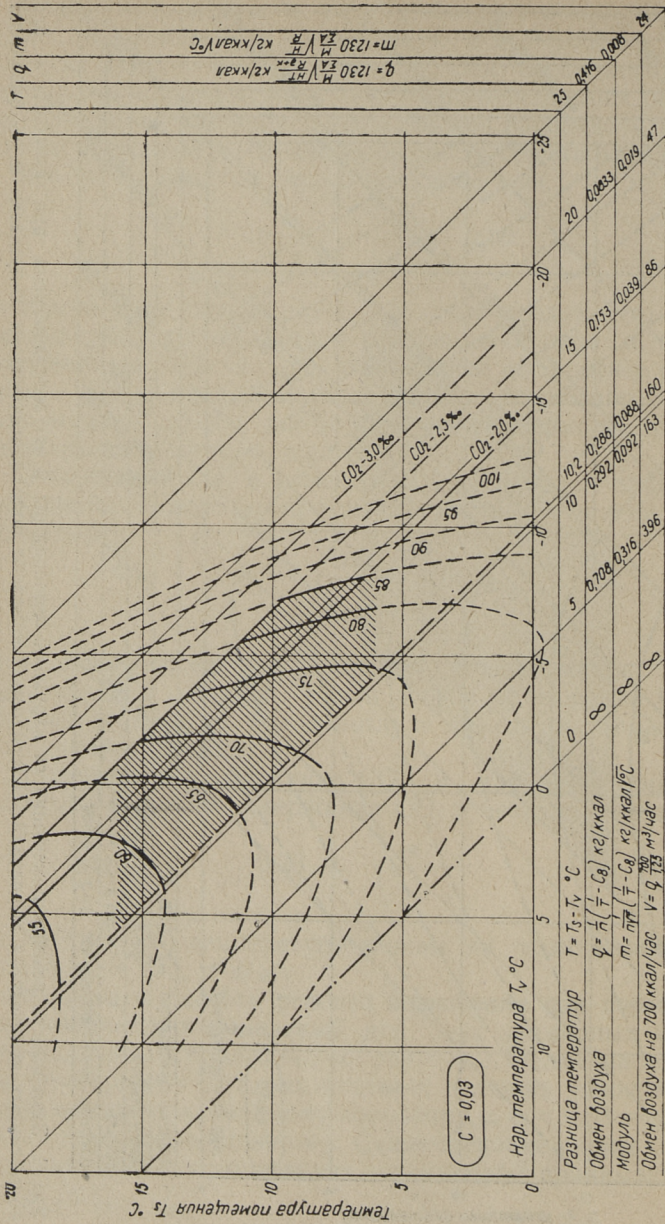


Рис. 2. Зависимость режима помещения от наружной температуры и от воздухообмена при $c = 0,03$ и при нормативных количествах выделений.

e_0 и i постоянными для данного животного величинами и не учитывают, что живой организм реагирует на режим помещения. Согласно нормам $e_0 = 0,558$ и $i = 0,217$. Количество свободного тепла составляет, следовательно, $A = 0,754 A_0$, т. е. округленно 75% от общего выделения тепла живым организмом. Режим помещения показан на приведенных диаграммах в зависимости от модуля c и от внутренней и наружной температуры. Внутренняя и наружная температура показана на главных осях координат. Поэтому ось под углом 45° показывает разницу температур T , которая определяет количество наличного свободного тепла для аэрации ($1 - cT$). Это количество в свою очередь определяет необходимый обмен воздуха q , а также необходимый для совершения этого обмена модуль вытяжной способности трубы.

Данные об обмене воздуха показаны поэтому на оси, наклоненной под углом 45 градусов. Чтобы дать более наглядное представление о количестве подлежащего обмену воздуха, на последней строке показан также обмен воздуха на 700 ккал/час, т. е. воздухообмен на производительную дойную корову.

Чем интенсивнее обмен воздуха, тем больше охлаждается помещение и тем ближе приближается влажность внутреннего воздуха к влажности наружного (принятого в данном случае согласно средним условиям климата ЭССР; 90% при температуре ниже -5°C и 75% при температуре выше $+10^\circ\text{C}$).

При $T = 0$ обмен должен быть бесконечно большим и режим помещения должен стать тем же, что и режим наружного воздуха. Практически же обмен воздуха ограничивается производительностью установок аэрации. На диаграммах пунктирной (наклонной) линией показан режим при $m = 0,088$. Это соответствует случаю, когда при $H = 5$ м сечение составляет 3 дм² на 700 ккал/час. При $T = 12^\circ\text{C}$ такая труба обменивает $0,305$ кг воздуха на ккал свободного тепла, т. е. 171 м³/час на корову хорошей производительности.

Графики относительной влажности вне этого предела, т. е. вне предела достижимого мощной установкой аэрации (трубой в 3 м² на сто коров) вычерчены пунктиром. Графики показаны пунктиром также в случаях, где температура помещения стоит ниже $+6^\circ\text{C}$ и содержание CO_2 превышает $2,5$ л/м³.

Сплошными линиями показан, следовательно, физически достижимый и зоотехнически приемлемый режим помещения при данном модуле теплопотерь. Для большей наглядности это поле помечено штриховкой.

Чем меньше величина модуля c , т. е. чем выше теплоизоляция помещения, тем лучшим и гигиеничным является режим помещения.

Критика полученных результатов. Ввиду обстоятельства, что способность воздуха впитывать в себя водяной пар резко повышается с повышением температуры, режим помещения становится, согласно диаграммам рис. 1 и 2, тем суше, чем выше держится внутренняя температура.

Так, например, если при $c = 0,01$ и наружной температуре в -10°C обменять в час 132 м^3 воздуха на корову, то относительная влажность воздуха составит 70% , а температура $+5^{\circ}\text{C}$. Если же уменьшить воздухообмен до 70 м^3 на корову, то температура повысится до $+15^{\circ}\text{C}$ и относительная влажность снизится до 56% .

Это приводит к неправильному заключению, что для улучшения режима животноводческого помещения следует добиваться более высокой температуры внутреннего воздуха. Ошибка вызывается обстоятельством, что выделение водяного пара взято без учета зависимости выделения пара от режима помещения.

В действительности же количество испаряемого водяного пара сильно возрастает с повышением температуры, а также с понижением относительной влажности. Вследствие этого с повышением температуры уменьшается количество свободного тепла и резко повышается величина показателя паровыделения e , что ведет к резкому снижению возможной аэрации и к ухудшению режима влажности помещения.

Нормативные данные о количествах выделений тепла и водяного пара животными не дают, поэтому, правильной картины о режиме помещения и могут привести к ошибочным заключениям.

Зависимость выделения водяного пара и тепла от режима помещения является в случае животных не вполне выясненным вопросом. На рис. 3 приведена, для сравнения зависимость видов выделения тепла от температуры в случае человеческого организма, а также вычисленные на основе этого количества свободного тепла и величины показателя паровыделения.

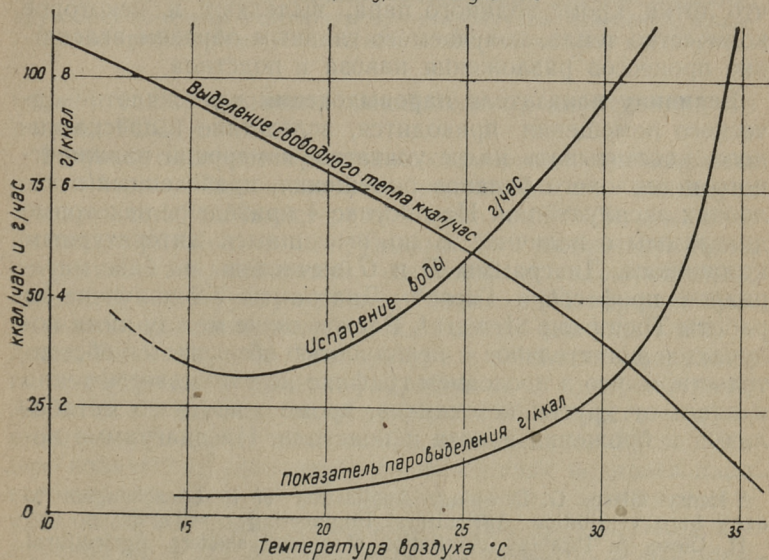
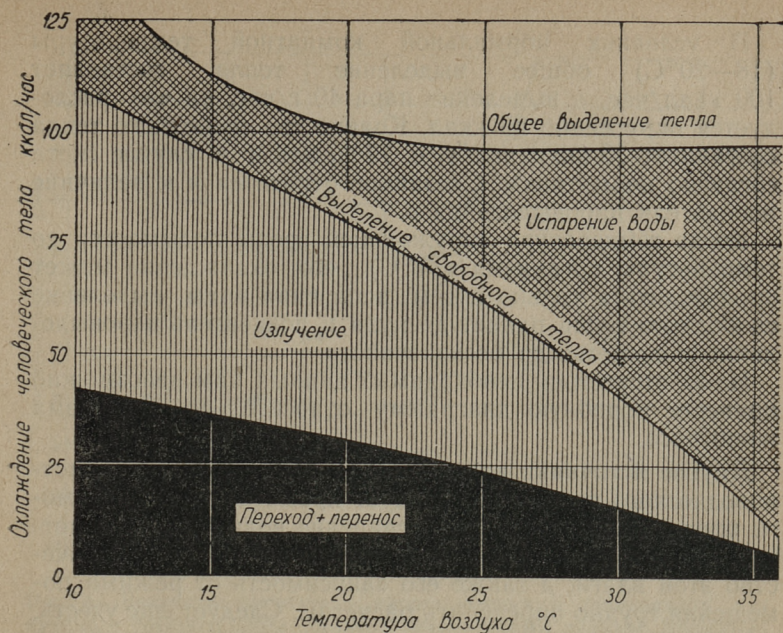


Рис. 3 а. Выделение тепла организмом человека путем испарения воды, излучения, кондукции и конвекции. б. Величина показателя паровыделения.

В условиях нормальной комнатной температуры (18—20°C) общее выделение тепла составляет 100 ккал/час, а выделение пара 40 г/час, на что расходуется округленно 25 ккал. Количество свободного тепла составляет 75 ккал/час, т. е. 75%, как и в случае скота согласно нормативам. Сказанное относится и к величине показателя паровыделения e .

Когда температура окружающей среды подымается до температуры организма (37°C), его охлаждение может производиться только путем испарения воды, выделение свободного тепла падает до нуля и показатель паровыделения подымется до бесконечности.

Из-за отсутствия необходимых данных нам невозможно привести подобную диаграмму относительно организма животного.

Другие источники влаги. Для расчета режима животноводческого помещения следует кроме пара, выделяемого животными, учесть еще испарение воды с пола, с лотков, кормушек, поилок и т. п. других источников. Количество этой влаги, а также его зависимость от режима помещения трудно определить расчетом. Следует еще учесть, что лотки, кроме водяного пара, выделяют и некоторое количество тепла, получаемого главным образом вследствие процессов разложения навоза и подстила.

Величину показателя паровыделения для животноводческого помещения приходится, вследствие вышесказанного, рассчитывать из результатов измерений влажностного и теплового баланса помещения, проведенных в условиях эксплуатации. На рисунке 4 приведены некоторые диаграммы о величине e по имеющимся литературным источникам. Диаграммы D и G вычислены на базе материалов профессора Giese³. Диаграмма TS получена из работы Thompson Stewart⁴. Расхождение между ними получается значительное и неполностью объясняется обстоятельством, что в последнем графике не учитывается тепло и влага от других источников, кроме животного метаболизма и брожения навоза и подстила. На диаграмме по-

³ Henry Giese, G. Downing. Application of heat exchangers to dairy barn ventilation. Agricultural Engineering. April 1950, p. 167.

⁴ H. Giese, A. Ibrahim. Ventilation of animal shelters. Agricultural Engineering. July 1950, p. 329.

⁴ H. Thompson, R. Stewart. Heat loss and moisture exchanges in dairy barns. Agricultural Engineering. April 1952, p. 201.

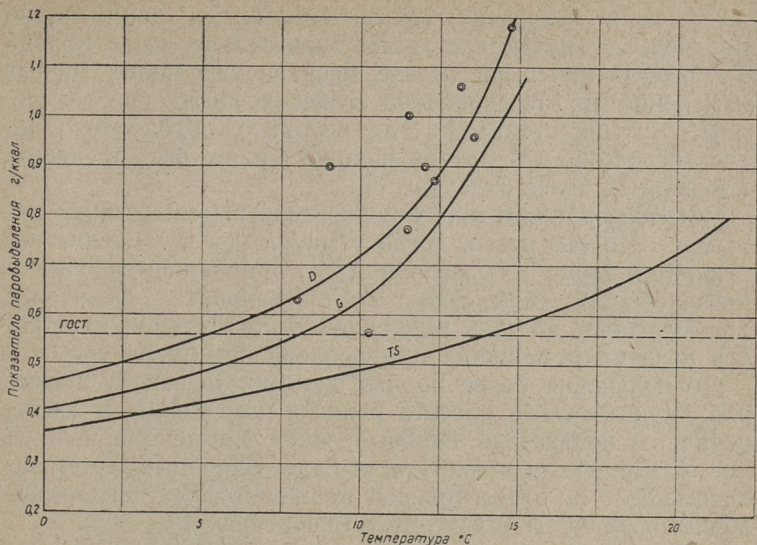


Рис. 4. Величина показателя паровыделения в помещениях для крупного рогатого скота согласно литературным данным. Большими кружками помечены результаты ориентировочных измерений, проведенных работниками Таллинского политехнического института.

казана также величина показателя e_0 , вычисленная из данных ГОСТа.

Результаты ориентировочных измерений, проведенных работниками Таллинского политехнического института в содружестве с Министерством совхозов ЭССР, показаны на диаграмме большими кружками. Эти данные получены из результатов измерений, проведенных в коровниках, имеющих монотрубную систему аэрации. Измерения проводились по ночам, когда в помещении было спокойно и двери были закрыты. Температура и влажность наружного и внутреннего воздуха определялись психрометрами Ассмана. Обмен воздуха определялся из скорости воздуха в вытяжной трубе, измеренной анемометром Фусса. Общее количество удаляемого из помещения водяного пара вычислялось из разницы содержания пара в принятом и удаленном из помещения воздухе. Результаты таких измерений не могут претендовать на точность. В будущем намечается уточнить результаты путем применения автоматической измерительной аппаратуры.

Результаты наших измерений по общему характеру сходятся с приведенными литературными данными, но полученные значения e лежат значительно выше кривой TS , полученной в результате несравненно более точных измерений (в Миссурийской сельскохозяйственной экспериментальной станции). Это, вероятно, обусловлено обстоятельством, что приток водяного пара был в наших коровниках более сильным.

Согласно данным рис. 4 показатель паровыделения подымается очень резко, когда температура помещения повышается выше 10°C , и при 25°C приближается уже в бесконечности. Вследствие этого становится физически невозможным достичь умеренной относительной влажности воздуха помещения при последней температуре.

До получения более полных данных, за основу примеров теоретического расчета режима помещения и взяты величины показателя паровыделения согласно кривой G рис. 4. Следует подчеркнуть, что здесь не учитывается зависимость e от относительной влажности и скорости движения воздуха, а только от температуры.

Режим помещения, вычисленный на базе величины e согласно кривой G , показан на рис. 5, 6 и 7 для помещений, имеющих $c = 0,01$; $0,03$ и $0,05$. Поскольку выделение тепла теперь меняется с температурой, то величины c отнесены к температуре в 8°C .

Диаграммы получены методом интерполяции между результатами вычислений по точкам пересечений координат через каждые 5°C , в местах крутых поворотов через каждые $2,5^{\circ}\text{C}$. При этом учтены изменения в величине c .

Кривые относительной влажности имеют иной и, несомненно, более правдоподобный характер, чем в случае вычислений согласно нормативной величине e . Наиболее благоприятным по относительной влажности становится режим, если температура помещения при холодной погоде держится близкой к нулю. С понижением температуры ниже существующих норм соглашаются теперь ученые в области ветеринарии. Следует однако отметить, что обслуживающий персонал обычно возражает против температуры помещения ниже 10°C , в особенности, если приходится работать с мокрыми руками.

Чем выше теплоизоляция помещения и чем больше в нем находится скота, тем благоприятнее режим. При температуре помещения в $+6^{\circ}\text{C}$ относительная влажность в

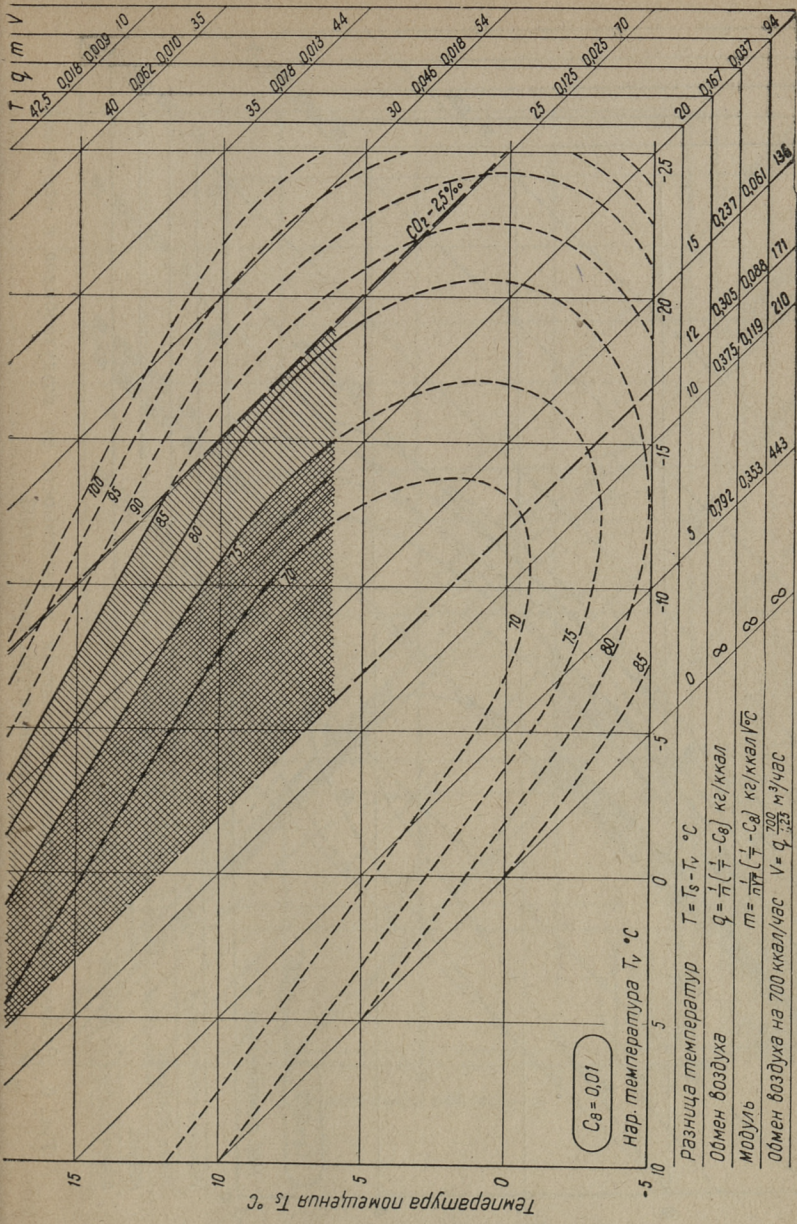


Рис. 5. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и наружной температуры при $c=0,01$. Зависимость показателя паровыведения от температуры принята согласно кривой G рис. 4.

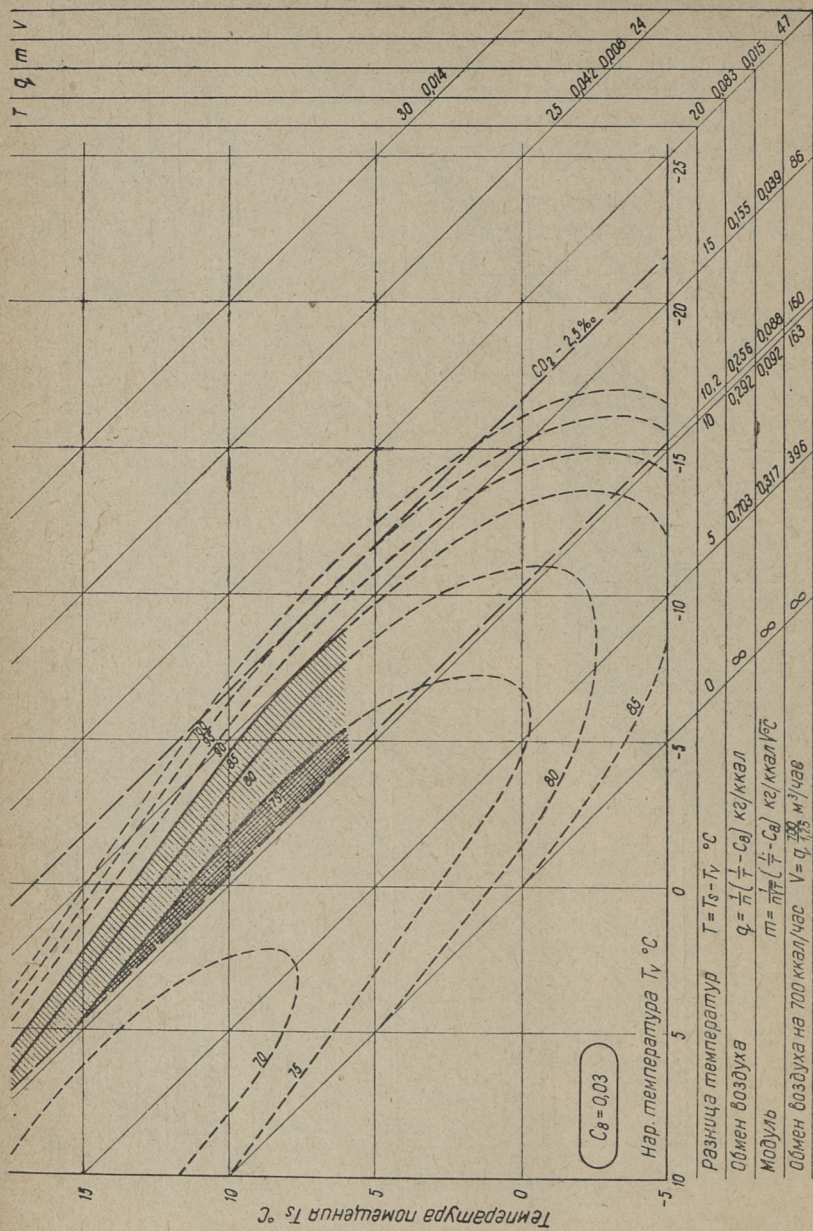


Рис. 6. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и наружной температуры при $\epsilon = 0.03$.

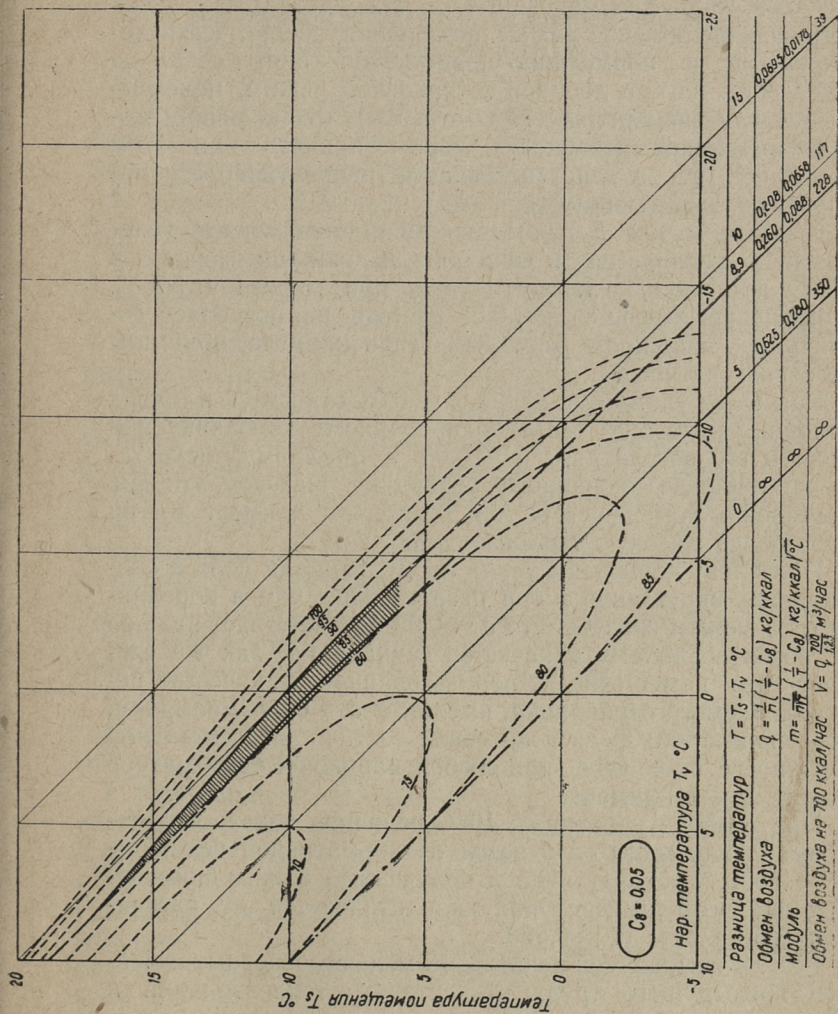


Рис. 7. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и наружной температуры при $c = 0,05$.

85% может быть обеспечена помещением, имеющим $c = 0,01$, еще при морозе в 19°C ; помещением, имеющим $c = 0,03$, при морозе в 9°C , а помещением, имеющим $c = 0,05$, лишь при морозе в 4°C . На диаграммах кривой штриховкой помечен режим помещения, теоретически достижимый и нормативно приемлемый для коровника (85% отн. вл.), а двойной штриховкой режим, приемлемый и для свиарника (75% отн. вл.). За величину модуля вытяжной способности трубы принято при этом $m = 0,088$, ибо в действительности непрактично строить трубы большей мощности.

Как видим, при $c = 0,01$ режим удовлетворяет условиям, предъявляемым к свиарникам, еще при морозах в 15°C ; при $c = 0,03$ же всего лишь при морозе в $5,5^{\circ}\text{C}$. Помещение, имеющее $c = 0,05$ вообще не позволяет достичь отн. влажности ниже 80% (при климате, принятом за основу расчетов).

Как было упомянуто выше, $c = 0,01$ относится в наших условиях к хорошо теплоизолированному коровнику при полном его заселении, а $c = 0,03$ к обычному, недостаточно теплоизолированному коровнику. Назовем эти два помещения помещениями А и Б, причем А имеет в три раза более высокую теплоизоляцию, чем Б.

Поскольку выделение тепла на м^2 площади пола в свиарниках округленно в три раза меньше, чем в коровниках, то можем сказать, что $c = 0,03$ соответствует зданию А, использованному в качестве свиарника. Так же следует, что помещение Б, использованное в качестве неотапливаемого свиарника, имело бы $c = 0,09$. Упомянем, что при $c = 0,09$ невозможно достичь относительной влажности ниже 95% при любой наружной температуре условленного климата.

При температурах ниже 10°C величина показателя паровыделения мало отличается от нормативной величины $e_0 = 0,558$. Следовательно и полученный режим помещения при этих температурах мало отличается от рассчитанного на базе $e_0 = 0,558$.

Результаты данной работы не меняют основных выводов предыдущего труда относительно теплоизоляции и аэрации.

3. СВОДКА ВЫВОДОВ РАБОТЫ «ЗАВИСИМОСТЬ РЕЖИМА ВЛАЖНОСТИ, ТЕПЛОТЫ И СОДЕРЖАНИЯ CO_2 В ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ С/Х ЖИВОТНЫХ ОТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И УСТАНОВОК АЭРАЦИИ».

1. Количество свободного тепла в неотапливаемом помещении для скота составляет 75% общего количества тепла, выделяемого животными.

2. Животные выделяют 0,558 г водяного пара и 0,217 л CO_2 на каждую ккал свободного тепла.

3. Учитывая, что выделения тепла, водяного пара и CO_2 находятся во взаимной зависимости, за основную единицу строительно-физического анализа помещений для сельскохозяйственных животных целесообразно принять единицу количества (ккал) свободного тепла.

4. Параметром теплотехнических расчетов режима помещений для сельскохозяйственных животных целесообразно принять модуль теплопотерь ограждающих конструкций (c), который показывает, какую долю от количества свободного тепла составляют потери тепла через ограждающие конструкции на 1°C разницы температур внутреннего и наружного воздуха (T).

5. Для выполнения требований зоогигиены при $T=10, 15, 20$ и 25°C , теоретическая величина c должна быть соответственно ниже 5, 3, 2 и 1,0% на 1 град.

6. Повышенная теплоизоляция перекрытия является более важным фактором и более легко выполнимой задачей, чем повышенная теплоизоляция стены.

7. Коэффициент теплопередачи перекрытия помещения для сельскохозяйственных животных должен быть ниже $K = 0,3$. Требования относительно стен можно смягчить, учитывая конкретные условия.

8. Если перекрытие имеет $K = 0,3$ и ширина здания составляет 10 м, то стена из глины еще дает коровнику приемлемую общую теплоизоляцию, бутовая же стена — недостаточную.

9. Помещение, в котором крупный рогатый скот расположен в четырех продольных рядах, является более гигиеничным и более экономичным, чем помещение с двумя продольными рядами животных.

10. Необходимый обмен воздуха в помещениях для сельскохозяйственных животных составляет

$$q = \frac{1}{0,24} \left(\frac{1}{T} - c \right)$$

в кг на ккал свободного тепла.

11. Воздух в достаточно аэрированном помещении для скота содержит водяного пара на $0,134 : \left(\frac{1}{T} - c \right)$ г/кг больше, чем внешний воздух.

12. Содержание CO_2 в аэрированном помещении для скота составляет $0,23 + 0,52 : \left(\frac{1}{T} - c \right)$ л/кг.

13. Обмен воздуха должен производиться через искусственные установки аэрации, поскольку это позволяет наружная температура.

14. Установки аэрации должны эффективно функционировать даже при малой T .

15. Зная величины модулей теплопроводности ограждений и производительности системы аэрации (c и m), можно определить режим теплоты, влажности и содержания CO_2 при данной внешней температуре.

16. Мощность вытяжной трубы должна быть достаточной, чтобы при открытых окнах снизить T по крайней мере до 15°C , а желательно до 12°C .

17. Мощность системы аэрации должна быть достаточной, чтобы при закрытых окнах снизить T до 20°C .

18. Короткая вытяжная труба большего сечения обходится при постройке дешевле, чем длинная и более узкая.

19. Мощность системы аэрации определяется модулем

$$m = \frac{1}{n \sqrt{T}} \left(\frac{1}{T} - c \right) = 1210 \frac{M}{\Sigma A} \sqrt{\frac{H}{R}},$$

который показывает обмен воздуха в кг на ккал свободного тепла, при $\sqrt{T} = 1$.

20. Необходимое сечение вытяжной трубы составляет

$$M = \frac{m \Sigma A}{1210} \sqrt{\frac{R}{H}} \text{ м}^2.$$

21. При $c = 0,01$ минимально допустимое сечение вытяжной трубы составляет $\frac{0,67}{\sqrt{H}}$, рекомендуемое же $\frac{1}{\sqrt{H}}$ см² на ккал свободного тепла в час.

22. Сечение щелей для впуска свежего воздуха должно при этом составить соответственно $\frac{0,48}{\sqrt{H}}$ и $\frac{0,42}{\sqrt{H}}$ см²/ккал в час.

23. Сечение щелей для впуска свежего воздуха в долях от M определяется формулой:

$$x = \sqrt{\frac{R_a}{H \left(\frac{M}{\Sigma A}\right)^2 \frac{8750}{\left(\frac{1}{T} - c\right)^2 T} - R_k}}$$

24. Наклоняемые во внутрь окна дают лучшее решение вопроса впуска свежего воздуха, чем стеновые отверстия.

25. При $c \leq 0,02$ клапан вытяжной трубы требует регулирования лишь при наружных температурах ниже -12°C (не учитывая влияния ветра).

26. При $m = 0,088$ установки аэрации отвечают требованиям зоогигиены, пока наружная температура стоит ниже $+6^\circ\text{C}$; при морозе же эти требования выполнимы при $c = 0,03; 0,02$ и $0,01$ соответственно до $-8,2^\circ\text{C}$, -12°C и $-18,5^\circ\text{C}$.

27. Силу тягового побуждения вытяжной трубы, вместо разницы в объемном весе воздуха, можно выразить в разнице температур (T).

28. Приведенные решения равно применимы при расчете помещений для всех видов сельскохозяйственных животных.

4. СИМВОЛЫ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

A	— выделяемое животным количество свободного тепла, т. е. та часть общего тепловыделения, которая используется для утепления и аэрации	ккал/час
A_o	— общее выделение тепла животным	ккал/час
B	— выделение водяного пара животным	г/час
b	— разница в содержании водяного пара в воздухе	г/кг
c	— модуль теплопотерь через ограждающие конструкции (доля количества свободного тепла, которая вытекает через ограждающие конструкции на град. разницы температур T)	1/град.
d	— разница в содержании CO_2 в воздухе	л/кг
e_o	— испарение водяного пара живым организмом на единицу количества свободного тепла B/A	г/ккал
e	— общий приток водяного пара на единицу количества свободного тепла	г/ккал
F	— площадь ограждающих конструкций	м ²
H	— высота вытяжной трубы (вертикальное расстояние от потолка помещения до верхнего края трубы)	м
i	— выделение CO_2 на единицу количества свободного тепла	л/ккал
K	— коэффициент теплопередачи ограждения	ккал/м ² час град.
M	— сечение вытяжной трубы	м ²
m	— модуль мощности системы аэрации (количество обмениваемого воздуха в кг на ккал свободного тепла при $\sqrt{T=1}$)	кг/ккал $\sqrt{\text{град.}}$
n	— теплоемкость воздуха	ккал/кг град.
q	— обмен воздуха на ккал свободного тепла	кг/ккал
Q	— часовой обмен воздуха в килограммах	кг/час
V	— часовой обмен воздуха в кубических метрах	м ³ /час
R	— коэффициент аэродинамического сопротивления на основе скорости воздуха в вытяжной трубе	1/1
R_k	— коэффициент сопротивления вытяжной трубы	1/1

R_a	— коэффициент сопротивления отверстий для свежего воздуха	1/1
R_{k+a}	— общий коэффициент сопротивления установок аэрации на основе скорости воздуха в трубе	1/1
ΣA	— общее выделение свободного тепла	ккал/час
T	— разница температур внутреннего и наружного воздуха	град.
T_s	— температура помещения	град.
T_v	— наружная температура	град.

СОДЕРЖАНИЕ

	. стр.
От автора	3
1. Выводы	3
2. Расчет режима помещений для сельскохозяйственных животных	4
3. Сводка выводов работы «Зависимость режима влажности, теплоты и содержания CO_2 в помещениях для с/х животных от ограждающих конструкций и установок аэрации»	19
4. Символы и обозначения	22

Л. К. Юргенсон
РАСЧЕТ РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЯ
ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ЖИВОТНЫХ

Эстонское Государственное Издательство,
Таллин, Пярну маантеэ 10.

*

Редактор Х. Рехемаа.
Технический редактор А. Сепп.
Корректоры Х. Або и С. Парк.

Сдано в набор 3 IX 1956. Подписано к печати 16 X 1956. Бумага 54×84, 1/16. Печатных листов 1,5. По формату 60×92 печатных листов 1,23. Учетно-издательских листов 1,08. Тираж 800. МВ-06188. Заказ № 5220.

Типография «Коммунист», Таллин,
ул. Пикк № 2.

Цена 80 коп.

25603 1703
3

ENAV...
K...
K...
K...