

Х. П. ОТЛОТ

ПОГЛОЩЕНИЕ
ТЕПЛА ЛОЖЕМ
ЖИВОТНОГО

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
ТАЛЛИН, 1957

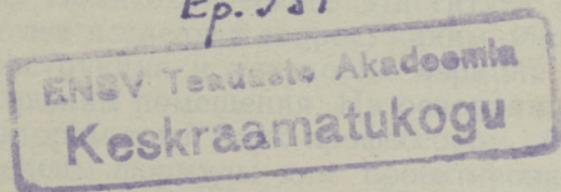
Х. П. ОТЛОТ

ВВЕДЕНИЕ

Введение к монографии и задачи исследования в области физиологии животных и человека в условиях полета. Введение к монографии и задачи исследования в области физиологии животных и человека в условиях полета.

ПОГЛОЩЕНИЕ ТЕПЛА ЛОЖЕМ ЖИВОТНОГО

Er. 951



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
ТАЛЛИН, 1957

Х. П. ОЛОТ

АННОТАЦИЯ

На основе теоретического анализа и лабораторных измерений на образцах анализируются разные виды полов коровника с точки зрения поглощения тепла из организма лежащего животного.

ПОГЛОЩЕНИЕ
ТЕПЛА ВОЖЕМ
ЖИВОТНОГО

Бр 221

Коллекция

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТАВРИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
ТАВРИНСКОГО

ВВЕДЕНИЕ

«Важнейшим условием подъема животноводства является обеспечение скота помещениями, отвечающими зооветеринарным требованиям и условиям культурного ведения хозяйства. Недостаток хороших животноводческих помещений наносит большой ущерб колхозам, снижает продуктивность животноводства и увеличивает падеж скота, в особенности молодняка. В настоящее время уровень строительства новых животноводческих помещений в колхозах не соответствует поставленной партией и Правительством задаче дальнейшего развития общественного животноводства и увеличения его продуктивности».

Это извлечение из принятого 31 января 1955 г. постановления Пленума ЦК КПСС «Об увеличении производства продуктов животноводства» указывает на неиспользованные резервы животноводства и на нанесение от неведения и беспечности прямого ущерба народному хозяйству. Животноводы, строители, проектировщики и научные работники должны соединенными силами преодолеть это отставание.

Кафедра архитектуры и архитектурных конструкций Таллинского Политехнического Института уже в течение десятка лет исследует вопрос, каким образом ограждающие конструкции и установки аэрации определяют внутренний режим помещения. На основании этих исследований доктором техн. наук профессором *Л. К. Юргенсоном* приведены формулы для проектирования установок аэрации и даны рекомендации по обеспечению помещений теплоизоляцией и защитой от сырости [2—5].

Опубликованные донные труды рассматривают режим воздуха помещения и способы выполнения требования ГОСТ 2662-49, по которому воздух помещения для круп-

ного рога́того скота должен иметь температу́ру выше 6° , относительную влажность ниже 85% и содержание CO_2 ниже $2,5 \text{ л/м}^3$. Минимальная допустимая температура воздуха коровника 6° установлена, имея в виду здоровье скота и продукцию молока.

В пределах общей научной работы кафедры автором исследуется вопрос о поглощении тепла полом животноводческого помещения или, точнее, ложем животного.

На этот, в литературе почти не затронутый вопрос обращается мало внимания и в практике. Причиной этого является очевидно то, что пол животноводческого помещения имеет весьма малое значение на общую картину теплопотерь и на температуру помещения. Упускается из виду, что под улегшимся животным пол поглощает из живого организма гораздо больше тепла, чем воздух при той же температуре, т. к. при непосредственном соприкосновении с полом отпадает сопротивление теплоотдаче поверхности. Конечно, со временем пол постепенно прогревается, температура его поверхности повышается, температурный перепад от тела к полу убавляется и тем самым поглощение тепла уменьшается. Мнение, что прогревание пола с одновременным уменьшением теплопоглощения совершается быстро, не обосновано. Теоретические исследования на основе строительной физики, а также и лабораторные измерения показывают противоположное. Длительность ощущения прохлады, когда корова ложится,¹ составляет на лугу с температурой почвы 11° — 1 мин., на дощатом полу с температурой 6° — 15 минут, на торцовом деревянном полу — 30 мин., на бетонном, асфальтовом и глинобитном полах более 3 часов.

Влияние «холода» ложа на здоровье животного вредно потому, что при этом охлаждается только одна сторона тела, обращенная к ложу. Против одностороннего, местного и резкого охлаждения организм не может защитить себя быстрой терморегулировкой. Другими словами, организм не может в полной мере приспособляться к местным условиям на поверхности тела так, чтобы на одной стороне тела сузить кровеносные сосуды и оттянуть теплый поток крови от поверхности кожи и одновременно действовать противоположно на другой стороне

¹ Длительность ощущения прохлады — время, в течение которого интенсивность теплопоглощения ложа выше теплоотдачи в воздух.

тела. В связи с этим происходят неполадки, выражающиеся в простудных болезнях. По наблюдениям Кафедры физиологии и здравоохранения домашних животных Эстонской Сельскохозяйственной Академии простудные болезни встречаются чаще всего в помещениях с бетонными и другими «холодными» полами. В частности наблюдается хилость молодняка. Для самозащиты от сильного теплопоглощения животные пользуются разными приемами и уловками. Так, например, в одном холодном свинарнике с бетонным полом наблюдалось, что поросята уложились спать в деревянные корыта. Обыкновенное явление в холодном свинарнике, это — борьба поросят и подсвинков за более теплые места. При скудной подстилке борьба идет за верхние места; при достаточной подстилке поросята предпочитают, наоборот, нижние места. В коровнике с «холодным» полом коровы стоят на ногах до наибольшего утомления и лежат в течение суток гораздо меньше, чем коровы на «теплом» полу.

Резко противоречит принципам экономики расточение корма на тепловую энергию для прогрева пола, вместо того, чтобы превратить его в животноводческую продукцию.

Важность вопроса о теплопоглощении лежа сельскохозяйственного животного должна быть вне сомнений. Однако эта проблема доныне серьезно еще не исследована. В «Справочнике по сельскохозяйственному строительству» [6] дана ориентировочная качественная оценка (на пятибалльной системе) полов, имеющих наибольшее распространение в животноводческих постройках. В качестве показателя умеренности теплопоглощения в справочнике рекомендуется «нетеплопроводность». Как показали исследования, наравне с теплопроводностью имеет значение и объемная теплоемкость материала верхнего слоя, также и фактура поверхности. Приведенная в справочнике оценка не дает правильной картины и совершенно игнорирует теплоизолирующую роль фактуры поверхности пола.

Все эти обстоятельства побудили к проведению более тщательных исследований теплопоглощения лежа. При этом исходные краевые условия взяты применительно к крупному рогатому скоту, в случае которого часто совершенно не применяется подстилка.

1. СТРОИТЕЛЬНО-ФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОГЛОЩЕНИЯ ТЕПЛА ЛОЖЕМ ЖИВОТНОГО

Выделение тепла с кожи животного в воздух

Выделение тепла из тела животного через кожу и волосяной покров в воздух можно рассматривать как стационарный поток. При этом имеется в виду только свободное тепло, без учета тепла испарения. Поскольку водяной пар удаляется из животноводческого помещения в неосажденном виде, то заключающееся в нем тепло не используется для отопления воздуха и ограждений помещения. Свободное тепло выделяется путем кондукции, конвекции и излучения.

Для проведения анализа температуру внутренних органов животного можно считать постоянной и одинаковой в разных частях тела. Средняя температура тела коровы $39,0^\circ$, с физиологическими границами от $37,5$ до $39,5^\circ$. При этом температура кожи (под волосяным покровом) в разных частях тела бывает весьма неодинаковой и зависит от положения данного органа и его питания кровью, а также от термических условий среды. У коровы самое теплое место кожи находится на носовом зеркальце и по средней линии вымени.

Из неравномерности температуры можно сделать вывод, что и теплоотдача с кожи неодинакова в разных частях тела. Эту теплоотдачу можно определить, зная температуры тела, кожи, поверхности волосяного покрова и воздуха и применяя для расчета коэффициент теплоотдачи, соответствующий режиму окружающей среды.

При температуре воздуха $+6,0^\circ$ А. К. Скороходько [8] принимает за температуру тела коровы $+39,0^\circ$, кожи $+32,0^\circ$ и поверхности волосяного покрова $+22,3^\circ$. Температурный перепад от внутренних тканей тела к воздуху

$$\Delta t_0 = 39,0 - 6,0 = 33^\circ$$

вызывает стационарный тепловой поток, величина которого зависит от общего сопротивления теплопередаче (R_0). Это общее сопротивление состоит из термического сопротивления кожи (R_n), термического

сопротивления волосяного покрова (R_k) и сопротивления теплоотдаче поверхности (R_p).

$$R_o = R_n + R_k + R_p.$$

Соответствующие температурные перепады:

$$\Delta t_o = 39,0 - 6,0 = 33,0^\circ = \Delta t_n + \Delta t_k + \Delta t_p;$$

$$\Delta t_n = 39,0 - 32,0 = 7,0^\circ;$$

$$\Delta t_k = 32,0 - 22,3 = 9,7^\circ;$$

$$\Delta t_p = 22,3 - 6,0 = 16,3^\circ.$$

При стационарном тепловом потоке

$$\frac{R_o}{\Delta t_o} = \frac{R_n}{\Delta t_n} = \frac{R_k}{\Delta t_k} = \frac{R_p}{\Delta t_p}.$$

По сравнению с жилым помещением, в хорошо проветриваемом коровнике теплопередача конвекцией несколько интенсивнее, но передача тепла излучением в общем случае (когда животные стоят друг возле друга) задержана примерно на 50%. Согласно расчету суммарный коэффициент отдачи тепла с поверхности тела коровы получается близким коэффициенту теплопередачи внутренних поверхностей жилых помещений, т. е.

$$\alpha_p = 7,5 \text{ ккал/м}^2\text{час град.}$$

Соответствующее сопротивление теплоотдаче будет следовательно

$$R_p = \frac{1}{7,5} = 0,133 \text{ град м}^2 \text{ час/ккал.}$$

Остальные сопротивления:

$$R_k = \frac{R_p \times \Delta t_k}{\Delta t_p} = \frac{0,133 \times 9,7}{16,3} = 0,079 \text{ град м}^2 \text{ час/ккал,}$$

$$R_n = \frac{R_p \times \Delta t_n}{\Delta t_p} = \frac{0,133 \times 7,0}{16,3} = 0,057 \quad \text{,, ,, ,, ,, ,}$$

$$R_o = 0,057 + 0,079 + 0,133 = 0,269 \quad \text{,, ,, ,, ,, .}$$

При температурах нашего примера теплоотдача кожи коровы воздуху коровника будет

$$q = \frac{\Delta t_p}{R_p} = \frac{16,3}{0,133} = 123 \text{ ккал/м}^2 \text{ час.}$$

Если корова ложится на любой материал, температура которого как и у воздуха $+6,0^\circ$, то температура поверхности волосяного покрова, имеющей прямое соприкосновение с ложем, в несколько минут снизится до температуры ложа. Положим еще, что теплоемкость ложа сравнительно с волосяным покровом животного велика, и потому можем для ориентировочного расчета принять, что температура поверхности ложа в течение этих первых минут не изменяется. Считая, что некоторое сжатие волосяного покрова компенсируется неполным соприкосновением с поверхностью ложа, можем сказать, что термическое сопротивление волосяного покрова R_k , как и в предыдущем примере, равняется $0,079 \text{ град } m^2 \text{ час/ккал}$. Сопротивление теплоотдаче поверхности R_p в данном случае отпадает. Для определения предельного теплопоглощения ложа представим себе предельный случай, когда 1) температура поверхности соприкосновения волосяного покрова с ложем понизилась до начальной температуры поверхности ложа ($6,0^\circ$); 2) температура кожи ($32,0^\circ$) еще не изменилась, но находится на пороге понижения; 3) тепловой поток на протяжении волосяного покрова в этот момент — стационарный. Предельный температурный перепад в волосяном покрове тогда будет:

$$\lim \Delta t_k = 32,0 - 6,0 = 26,0.$$

Предельное теплопоглощение ложа будет:

$$\lim q = \frac{\lim \Delta t_k}{R_k} = \frac{26,0}{0,079} = 330 \text{ ккал./}m^2 \text{ час.}$$

До описанного момента повышенное выделение тепла сказалось только на количестве тепла, фактически уже выделенном из тела и кожи и аккумулированном в толще нечувствительного волосяного покрова. Момент, когда повышенный поток теплоотдачи уже понизил температуру волосяного покрова и начинает воздействовать на поверхность чувствительной кожи, можно считать за начальный момент наблюдения. В этот момент, по нашему примеру, к поверхности кожи прибывает тепловой поток $q_1 = 123 \text{ ккал/}m^2 \text{ час}$, а убывает (максимально) $q_2 = 330 \text{ ккал/}m^2 \text{ час}$. Недостаток $q_2 - q_1 = 330 - 123 = 207 \text{ ккал/}m^2 \text{ час}$ покрывается

выделением аккумулированного в коже тепла, что понижает температуру кожи.

Температура поверхности ложа в действительности немедленно после первого контакта с животным начинает подниматься, т. к. тонкий поверхностный слой прогревается. Поэтому максимальное или начальное теплопоглощение любого ложа никогда не достигнет предельного значения. Так называемые «холодные» материалы ложа хранят надолго низкие температуры, потому и начальное теплопоглощение таких материалов несколько выше, чем у «теплых» материалов.

Максимальное теплопоглощение ложа длится только один момент; немедленно начинается и падение. Причиной падения является уменьшение температурного перепада в волосяном покрове, т. к. температура поверхности соприкосновения волосяного покрова с ложем постепенно повышается, а температура поверхности кожи некоторое время понижается. После достижения нижнего уровня температура кожи повышается, но медленнее, чем температура поверхности ложа, так что температурный перепад все же уменьшается.

Мы связали понижение температуры кожи только с физическими факторами, как при строительных материалах. На процессы в коже живого организма действуют, кроме того, и физиологические факторы терморегуляции. Чтобы защищать тело от охлаждения, нервная система ограничивает отдачу тепла с кожи путем сужения кровеносных сосудов в коже и в тканях непосредственно под кожей. Это явление можно уравнять с некоторым повышением термического сопротивления кожи R_n . Кроме этого скорореагирующего фактора живой организм применяет еще ряд других мер терморегуляции. Уже упомянутая неодинаковость температуры кожи служит также терморегуляции. Очень большое значение для терморегуляции имеет волосяной покров. Он защищает тело от излишних потерь тепла в силу того, что в промежутках между волосами создается достаточно толстый слой воздуха, плохо проводящий тепло. Согласно длительному температурному режиму среды развивается в течение времени и толщина и густота волосяного покрова.

Однако, как было сказано уже в введении, физиологическая терморегуляция почти бессильна против одно-

стороннего, местного и резкого охлаждения. Следует напомнить, что у молодняка механизм терморегуляции вообще некоторое время остается несовершенным и легко расстраивается.

Поскольку еще не выяснено, в какой мере физиологическая терморегуляция влияет на поглощение тепла ложем, физиологические факторы терморегуляции не могут быть охвачены математическим уравнением и приняты в расчет при опытах и теоретических обобщениях. Если отдача тепла и будет несколько задержана физиологическими факторами, то это не изменяет очередности (по способности теплопоглощения) разных видов и конструкций полов.

Теплопоглощение разных видов полов позднее, после первого соприкосновения, уже не может быть достаточно освещено на основании приблизительного расчета. Решение вопросов, связанных с передачей тепла в стационарных условиях, сводится к интегрированию дифференциальных уравнений теплопроводности или же к моделированию процессов теплопередачи в данных условиях. В данной работе использованы эти оба способа. Способ моделирования сведен на прямое измерение теплового потока на образцах полов, причем на деле моделирован только процесс теплоотдачи животного. Способ моделирования подробно описан в последующих главах с приведением результатов. Способ этот практичен и дает возможность исследовать вопрос и в случаях, когда не хватает данных для математического расчета.

Математический же метод позволяет вынести обобщения, трудно доступные практическим опытом. В настоящей работе математический метод в деталях не освещается, однако необходимо дать основы этого метода, установить исходные краевые условия и привести некоторые результаты в виде графиков, чтобы наглядно разъяснить суть теплопоглощения ложа.

Основы математического расчета теплопоглощения ложа,

Движение тепла в материале ложа в общем происходит только в одном направлении — сверху вниз. По контуру поверхности соприкосновения тела животного с ложем движение тепла происходит и горизонтально, т. е.

по всем трем осям координат. Это обстоятельство имеет особое значение для мелких животных, так как у них на единицу поверхности соприкосновения длина контура сравнительно велика и теплоотдача ложу по той причине повышена. Однако для сравнения разных видов мест лежания по теплопоглощению вполне достаточно рассмотреть случай одномерной задачи, т. е. случай, когда движение тепла происходит только в направлении одной из осей координат.

Для решения дифференциального уравнения теплопроводности целесообразно применить метод конечных разностей. В случае одномерной задачи уравнение в конечных разностях примет вид:

$$\frac{\Delta \tau}{\Delta Z} = \frac{\lambda}{c\gamma} \cdot \frac{\Delta^2 \tau}{\Delta x^2}.$$

При наших расчетах $\Delta Z = 2 \text{ мин.} = \frac{1}{30} \text{ часа.}$

В основу расчетов взяты следующие краевые условия:

а) Начальное распределение температур:

температура тела — $+39,0^\circ$ (постоянная);

температура кожи — $+31,0^\circ$;

температура в плоскости соприкосновения волосяного покрова с ложем, также и материала ложа на протяжении прогрева — $+6,0^\circ$.

Примечание: Температура пола, от поверхности вниз, может и подыматься и понижаться, в зависимости от климатического района, времени года, расстояния от наружной стены, внутренней температуры помещения и т. д. Взятая в основу расчетов проходящая равномерная температура пола $6,0^\circ$ реальна при низких температурах помещения. Все расчеты соответствуют температурному перепаду (от температуры тела до температуры пола)

$$\Delta t_0 = 39,0 - 6,0 = 33,0^\circ.$$

При любой величине перепада ($\Delta t_0 = x$) интенсивность теплопоглощения q_x ккал/м² час и количество поглощенного тепла Q_x ккал/м² легко редуцируются из соответствующих q и Q , рассчитанных при $\Delta t_0 = 33,0^\circ$ (рис. 6 и 7):

$$q_x = \frac{q \times x}{33,0} \text{ и } Q_x = \frac{Q \times x}{33,0}.$$

Для редуцирования температур можно на температурной шкале рисунков 1—5 температуры пола (6°) и тела (39°) заменить любыми величинами, а интервалу между ними дать соотв. новое деление. Шкала глубин не изменяется.

б) Теплообмен между поверхностью ложа и телом животного через кожу и волосяной покров происходит по обычным законам теплопередачи материалов, т. е. без учета физиологической теплорегуляции.

В измерительном приборе теплопоглощения, построенном в Таллинском Политехническом Институте, кожу животного имитирует резиновая пластинка термотранзитомера, толщиной в 8 мм ($R_n = 0,05 \text{ град. м}^2 \text{ час/ккал}$), а волосяной покров — воздушная прослойка в 1 мм ($R_k = 0,05 \text{ град. м}^2 \text{ час/ккал}$). Для сравнения результатов измерения с результатами расчета, в уравнения теплопроводности введены физические показатели резиновой пластинки и воздушной прослойки (см. таблица 1), предполагая, что расхождение этих показателей от показателей кожи и волосяного покрова незначительно. Расчетные термические сопротивления R_n и R_k немного меньше, чем в предыдущих примерах, и соответствуют предположительно условиям телок.

Таблица 1

Физические показатели слоев, отделяющих источник тепла (среду с постоянной температурой) от поверхности ложа

Наименование показателей	Размерность	Резиновый лист («кожа»)	Воздушная прослойка в 1 мм («волосяной покров»)
Толщина δ	м	0,008	0,001
Коэффициент теплопроводности λ	ккал/м час град	0,16	—
Удельная теплоемкость c	ккал/кг град	0,43	—
Объемный вес γ	кг/м ³	1300	—
Термическое сопротивление R	м ² час град/ккал	0,05	0,05

Примечание: Теплоемкость воздушной прослойки (также и волосяного покрова) незначительна и поэтому в расчетах не учтена.

В общем величина единицы измерительного прибора не имеет значения для сравнения разных конструкций по теплопоглощению. Если мы при установлении крайних условий для опыта и математического расчета и стремимся к сходству с условиями самого животного, то при этом мы не предполагаем получить абсолютные величины теплопоглощения из организма животного.

Физиологическая теплорегуляция при крайних условиях не учтена. Ошибка, сделанная этим в масштабе, вероятно незначительна, т. к. на физиологической теплорегуляции лежит еще задача компенсации приращений теплопоглощения от разных непредусмотренных при математических расчетах факторов. Такими факторами являются: повышение поглощения тепла по контуру поверхности соприкосновения тела животного с ложем; постоянная теплопередача пола, как ограждения помещения (имеет большое значение около наружной стены); смачивание ложа и волосяного покрова водой, увеличивающее теплопроводность и т. д.

Итоги математических расчетов

На вышеизложенных основаниях математически рассчитаны пять характерных для теории случаев:

1. бетонный пол толщиной в 12 см по основанию из гравия;
2. бетонный пол толщиной в 4 см по шлакобетонному основанию;
3. дощатый пол толщиной в 4 см по бетонному основанию;
4. торфяная подстилка толщиной в 3,7 см по бетонному основанию;
5. торфяная подстилка толщиной в 20 см.

Результаты расчетов приведены на графиках (рис. 1—7 и в сводной таблице 2.)

Бетонный пол представляет собой группу самых «холодных» полов, а толстую торфяную подстилку можно считать за самое «теплое» ложе. В момент максимального теплопоглощения (через 2—6 минут после начала лежания) интенсивность теплопоглощения у разных видов полов мало отличается: у бетона она 284, у дощатого пола 264, у торфяной подстилки 263 ккал/м² час. Уже че-

Сводка итогов математического расчета теплопоглощения
пяти видов полов

№№ п/п (рис.)	Конструкция пола	Температура поверхности			в момент максим. поглощения	Интенсивность теплопоглощения q			Поглощение тепла за 2 часа $Q_{2ч}$ ккал/м ²	Относительное поглощение $e = \frac{Q_{2ч}}{300}$	Длительность опущения прохлады Z крит. мин.
		в начале лежа-ния град	через 10 мин. град	через 2 часа град		в момент максим. поглощения ккал/м ² час	через 20 мин. ккал/м ² час	через 2 часа ккал/м ² час			
1	Бетон, тяжелый, 12 см, по граввию	6,0	12,5	20,9	284	249	183	437	1,46	210	
2	Бетон, 4 см, по шлакобетонному основанию	"	"	24,1	"	247	150	405	1,35	120	
3	Доски, сосновые, 4 см, по бетону	"	22,0	31,0	264	147	83	231	0,77	19	
4	Торфяная подстилка, 3,75 см, по бетону	"	28,7	34,5	263	80	48	134	0,45	6	
5	Торфяная подстилка, 20 см, по любому основанию	"	"	35,7	"	"	36	124	0,41	"	

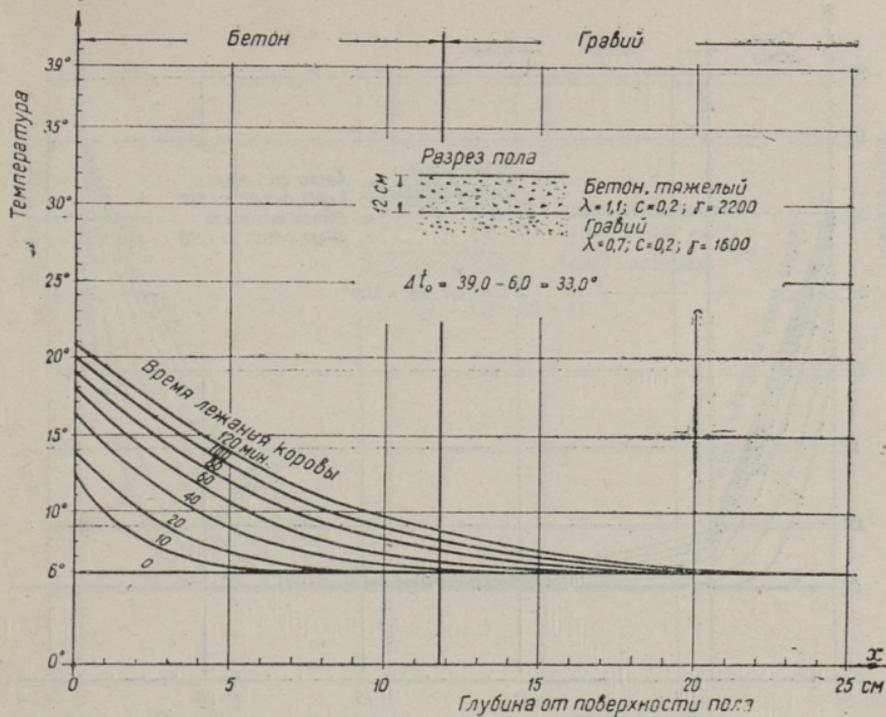


Рис. 1. Прогрев толстого бетонного пола

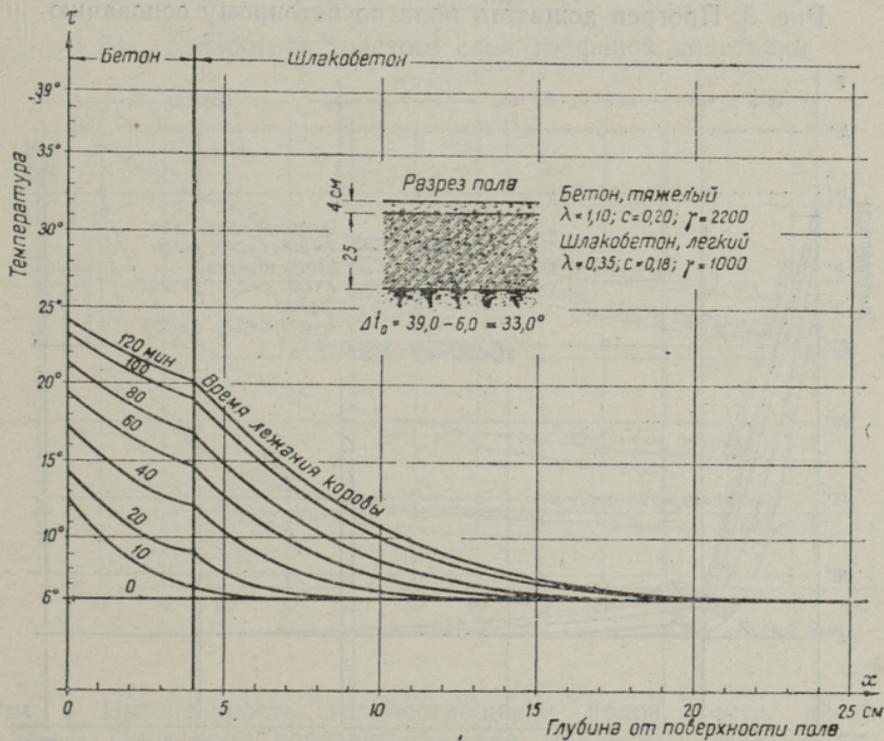


Рис. 2. Прогрев бетонного пола по шлакобетонному основанию

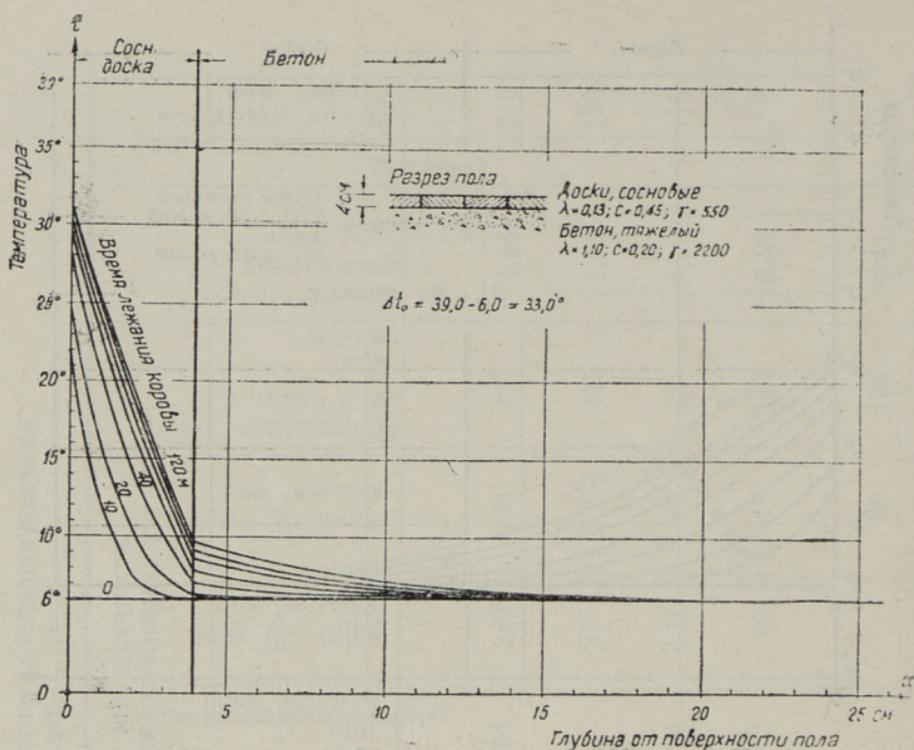


Рис. 3. Прогрев дощатого пола по бетонному основанию

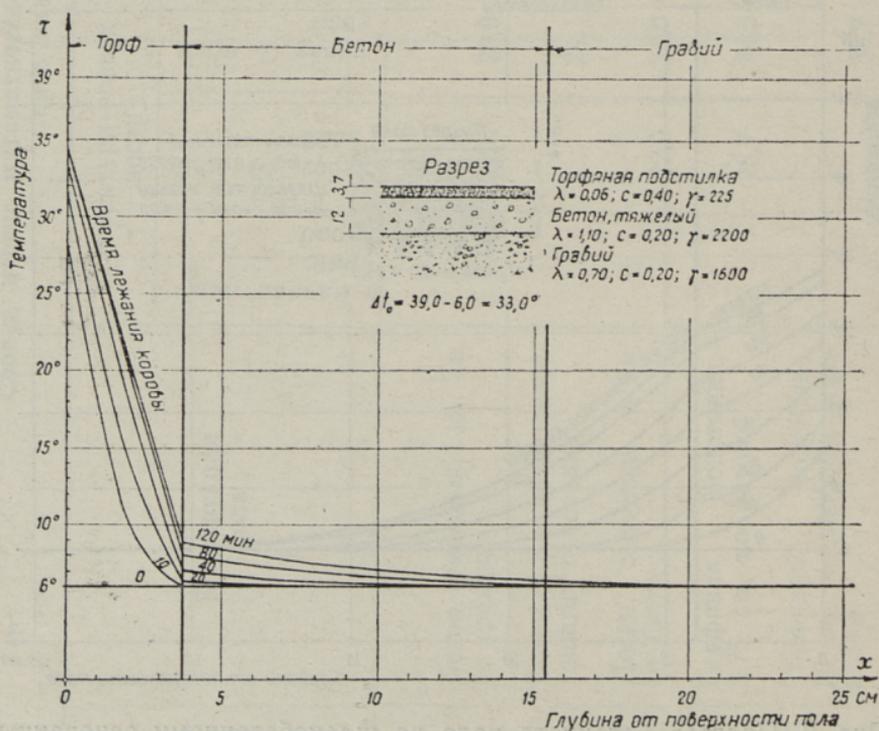


Рис. 4. Прогрев торфяной подстилки по бетонному полу

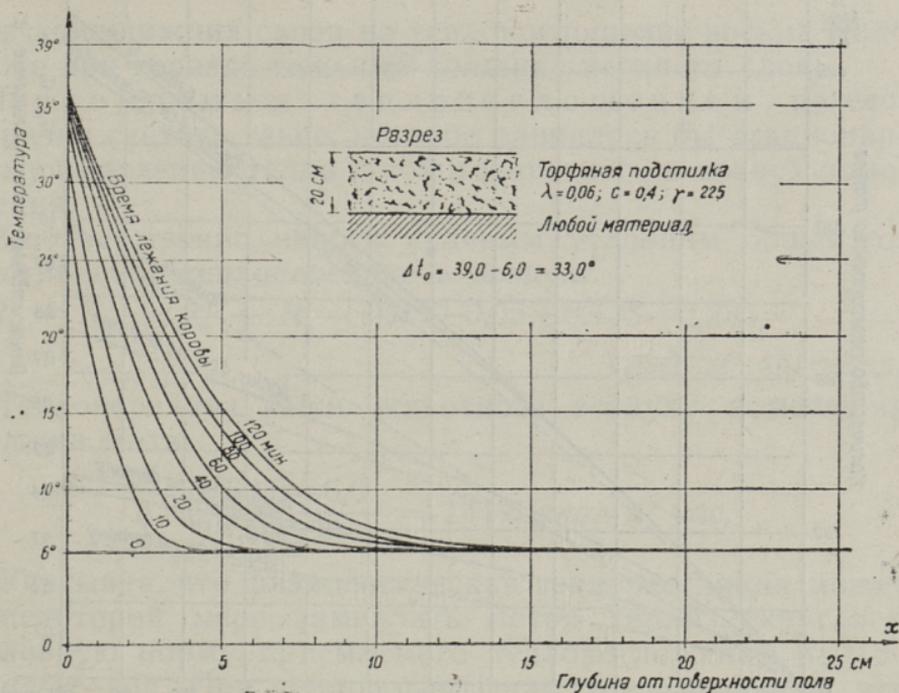


Рис. 5. Прогрев толстого слоя торфяной подстилки

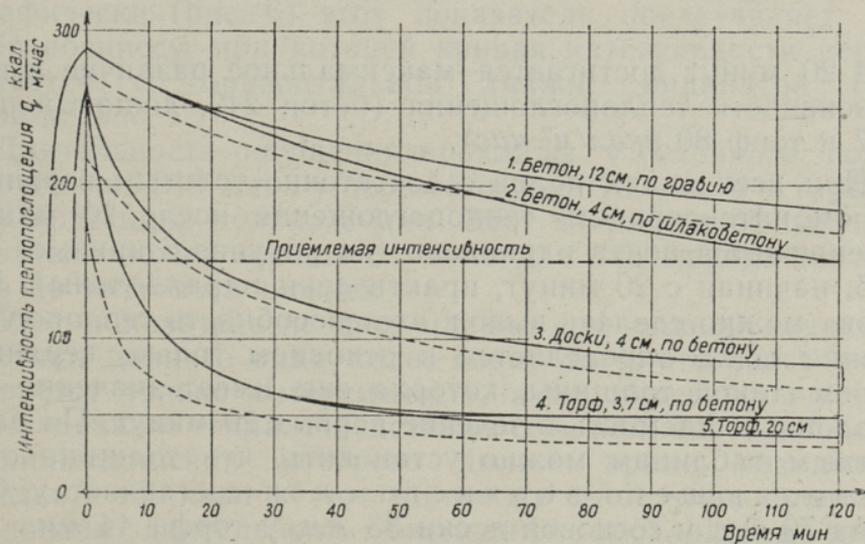


Рис. 6. Интенсивность теплогослщения полов, соотв. рисункам 1—5. Пунктиром показаны средние результаты практических измерений

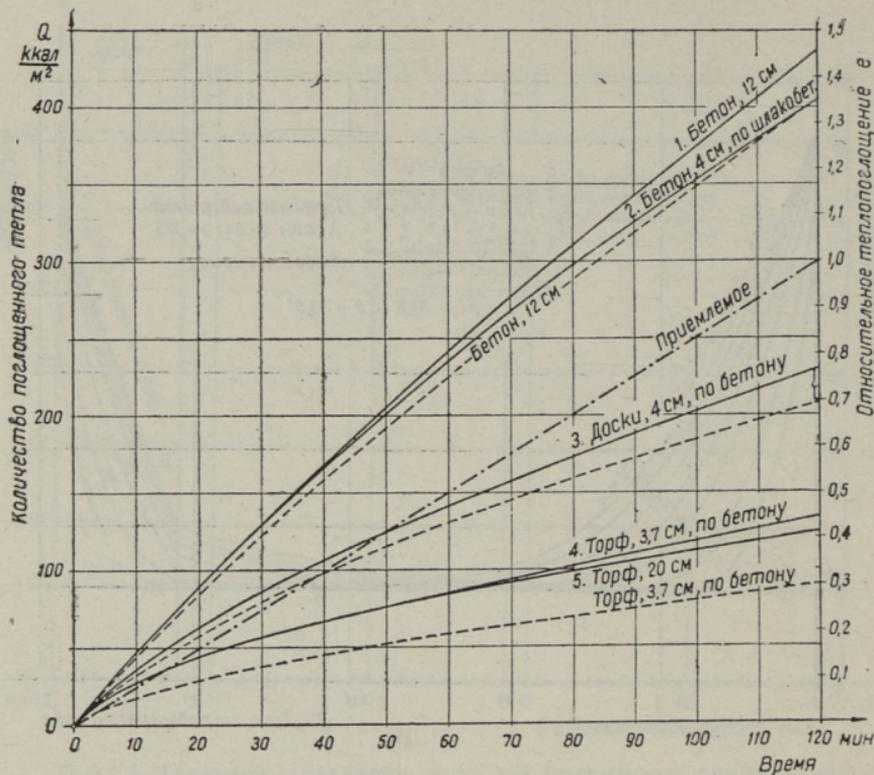


Рис. 7. Количество поглощенного тепла, в зависимости от времени. Пунктиром показаны результаты практических измерений

рез 20 минут достигается максимальное различие в интенсивности теплосодержания (бетон 249, дощатый пол 147 и торф 80 ккал/м² час).

При всех видах полов с достаточно толстым верхним слоем интенсивность теплосодержания после 20 минут уменьшается почти одинаково (на рисунке 6 кривые 1,3 и 5, начиная с 20 минут, практически параллельны). Из этого можно сделать вывод, что способность теплосодержания пола определяется в основном только верхним слоем такой толщины, которая еще имеет значение на теплосодержаемость в течение первых 20 минут. По расчетным таблицам можно установить, что толщина определяющего верхнего слоя составляет у бетона 79 мм, у сосновой доски 33 мм, у торфа 44 мм.

Любой материал ниже определяющей толщины верхнего слоя не имеет существенного значения на теплосодержание. Как видно из рисунков 6 и 7 (кривые 1 и 2, также 4 и 5),

значение нижних слоев на теплопоглощение весьма мало даже при гораздо меньшей толщине верхнего слоя.

Приемлемым теплопоглощением целесообразно считать такое, которое равнялось бы стационарному выделению тепла с кожи животного в воздух помещения.

Соответственно нашим краевым условиям общее сопротивление теплопередаче в воздух:

$$R_o = R_n + R_k + R_p = 0,05 + 0,05 + 0,133 = 0,233$$

град m^2 час/ккал.

Теплопередача кожи животного воздуху помещения должна быть:

$$q = \frac{39,0 - 6,0}{0,233} = 141,5 \text{ ккал}/m^2 \text{ час.}$$

Учитывая, что физиологическая терморегуляция может в некоторой мере замедлить поток тепла, округляем условную норму приемлемого теплопоглощения на 150 ккал/ m^2 час. При теплопоглощении, превышающей эту норму, животное должно ощущать прохладу.¹

На этом основании можем установить показатель — длительность ощущения прохлады ($Z_{\text{крит.}}$) Графически (рис. 6) этот показатель представляет из себя абсциссу, при которой кривая интенсивности пересекается с горизонтальной линией ординатой 150 ккал/ m^2 час.

Длительность ощущения прохлады у бетонного пола округленно 210 мин., у дощатого пола 19 мин, а у торфяной подстилки только 6 мин. Этот очень рельефный показатель может хорошо служить для классификации полов по теплопоглощению.

Этот показатель не дает однако еще полной характеристики данного вида пола, ввиду того, что здесь учитывается только интенсивность, а не общее количество поглощенного тепла. Представим себе пол, интенсивность теплопоглощения которого долгое время находится близко к 150 ккал/ m^2 час, но все же выше этого предела. Условная длительность ощущения прохлады в этом

¹ Принятая условная теплопередача кожи воздуху помещения (окр. 150 ккал/ m^2 час) представляет из себя максимальную теплопередачу, равную тепловыделению самых теплых мест кожи при предельно низкой температуре воздуха коровника. Теплопоглощение полом определено при тех же условиях.

случае велика, но в действительности животное теряет сравнительно мало тепла.

В качестве другого показателя рекомендуется относительное теплопоглощение e , которое представляет из себя отношение количества тепла, поглощенного в течение двух первых часов (Q_{2h}), к приемлемому количеству за это самое время — 300 ккал/м^2 .

Относительное теплопоглощение всех видов полов колеблется в пределах от 0,4 до 1,5 (рис. 7).

Во всех формулах для расчета температур встречаются физические показатели λ , σ и γ , но всегда в виде произведения всех трех, т. е. $\lambda\sigma\gamma$.

Из этого следует:

Если у двух полов неограниченной толщины произведения показателей $\lambda\sigma\gamma$ равны, то будут равны, в данные моменты времени, и температуры поверхностей полов, и интенсивности теплопоглощения, и количества поглощенного тепла. Внутренние температуры, как правило, распределяются у двух полов не одинаково. В случае, если кроме произведений $\lambda\sigma\gamma$ и коэффициенты теплопроводности λ равны, распределяются одинаково и внутренние температуры. (Это следует из формул для расчетных толщин слоев,

где кроме произведения $\lambda\sigma\gamma$ встречаются и $\sigma\gamma = \frac{\lambda\sigma\gamma}{\lambda}$).

Если верхний слой ложа имеет толщину не менее определяющей, то можно оценить относительное теплопоглощение по приблизительной формуле:

$$e = 0,31 \sqrt[4]{\lambda\sigma\gamma}.$$

В таблице 3 приведено сравнение значений e по этой приблизительной формуле и по результатам точных расчетов

$$\left(e = \frac{Q_{2h}}{300} \right).$$

Следует однако учесть, что всякая характеристика на основе показателя $\lambda\sigma\gamma$ верна только при относительно гладкой поверхности пола. При бугристой или шероховатой поверхности теплопоглощение значительно уменьшается. Это вызывается воздушными прослойками, покрывающими (меж-

Относительное теплопоглощение полов

Вид пола	λ ккал м. час. град	c ккал кг. град	γ кг/м ³	$\lambda c \gamma$	$e=0,31 \sqrt[4]{\lambda c \gamma}$ (прибл.)	$e=\frac{Q_{2h}}{300}$ (точно)
Бетон, рис. 1	1,10	0,20	2200	484	1,45	1,46
Доски, рис. 3	0,13	0,45	550	32,2	0,74	0,77
Торф, рис. 5	0,06	0,40	225	5,4	0,47	0,41

ду неровностями) значительную часть поверхности пола. При малой толщине воздушной прослойки (1—10 мм) термическое сопротивление ее повышается с приращением толщины прослойки (рис. 8): Следовательно при поверхности, дающей относительно более толстые прослойки, теплопоглощение должно быть значительно меньше, чем при гладкой или мало шероховатой поверхности.

На основании этих соображений сравним теплопоглощения асфальтового и бетонного полов. У асфальтового

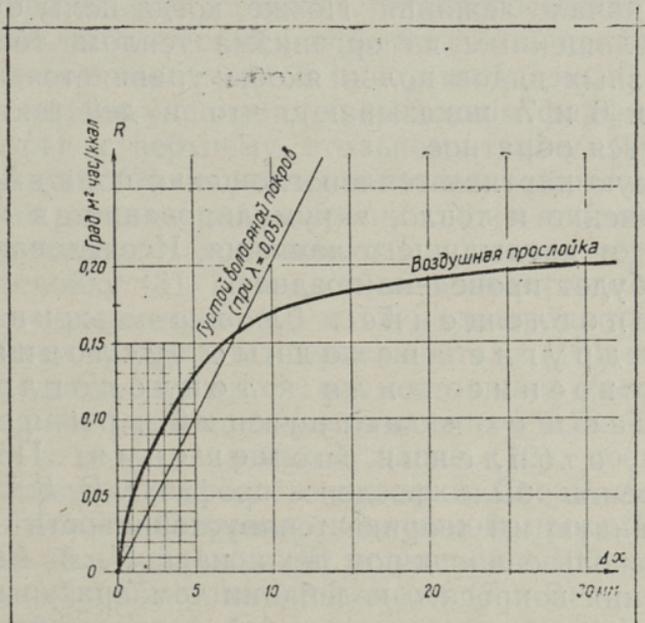


Рис. 8. Термическое сопротивление воздушной прослойки и волосяного покрова

пола $\lambda c \gamma = 0,65 \cdot 0,40 \cdot 1800 = 468$, у бетонного — $\lambda c \gamma = 1,10 \cdot 0,20 \cdot 2200 = 484$. Соответствующие относительные теплопоглощения:

$$\text{у асфальтового пола } e = 0,31 \sqrt[4]{468} = 1,44,$$

$$\text{у бетонного пола } e = 0,31 \sqrt[4]{484} = 1,45.$$

Относительные теплопоглощения практически равны, но т. к. бетонный пол в коровнике более шероховатый чем асфальтовый, то теплопоглощение бетонного пола должно быть меньше асфальтового. Асфальтовый пол, кроме того, может смягчаться при согревании, отчасти увязать волосяной покров и этим убавить его термическое сопротивление.

Более правильную оценку типов полов надеемся получить экспериментальным способом. Теория однако поможет уяснить встречающиеся при экспериментах неожиданные явления и научно обосновать опровержение некоторых ошибочных убеждений.

Одним таким ошибочным убеждением является мнение, что т. н. «холодные» и «теплые» полы стоянки отличаются между собой по теплопоглощению существенно только в начале лежания. Позже, когда полы будут прогреты поглощенным из организма теплом, теплопоглощение разных видов полов якобы уравнивается.

Рисунки 6 и 7 показывают, что в действительности наблюдается обратное.

На общую картину теплопоглощения пола имеет некоторое значение и тепло, аккумулированное в конструкции пола от предыдущего лежания. Исследование этого фактора будет проведено позднее.

Теплопоглощение ложа животного имеет другие исходные условия, чем теплоусвоение или теплопоглощение ограждающих конструкций при периодическом отоплении помещения. Понятие о теплоусвоении было введено проф. *О. Е. Власовым* в разработанную им теорию теплоустойчивости ограждений и использовано д-ром техн. наук *Л. А. Семеновым* для решения вопроса о колебании температуры воздуха в помещениях при неравномерной отдаче тепла отоплением. *Л. А. Семеновым* введен коэффициент теплопоглощения поверхности ограждения (B);

он равен амплитуде колебаний теплопоглощения поверхности ограждения (A_q) при амплитуде колебаний температуры воздуха $A_t = 1^\circ$;

$$B = \frac{A_q}{A_t} \text{ ккал/м}^2 \text{ час град.}$$

Коэффициент B , таким образом, имея специальное значение для расчета амплитуды колебания температуры в периодически отапливаемом помещении, не может быть использован для определения теплопоглощения пола под лежащим животным.

Теория теплопоглощения ложа животного имеет общее с теорией Власова-Семенова в том, что в этой как и в той определяющее значение имеет произведение физических показателей $\lambda c \gamma$.

II. ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ ЛОЖА НА ТЕПЛОПОГЛОЩЕНИЕ

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

В измерительной установке теплопоглощения ложа применяется электрический нагревательный прибор реостатной системы с тепломерной пластинкой (рис. 9, 1). Проволочная спираль укрепена посредством фарфоровых изоляторов (4) к верхнему стальному диску (5). Нижний стальной диск (2) нагревается главным образом лучистым теплом от раскаленной спирали, также и от верхнего аккумулялирующего и уравнивающего диска, через воздушную прослойку (3). Посредством контактного и вспомогательного термометров (16 и 17), электронного релэ (20) и качающегося ртутного переключателя (19) температура нижнего диска держится на постоянном (определенном по желанию) уровне, с колебаниями $\pm 0,2^\circ$. Термометры опущены в воду в стальной чарке (12), соединенной с нижним диском посредством сварки. Сверху нагревательный прибор изолирован воздушной прослойкой (6) и строительным войлоком (8) толщиной в 100 мм, в шелухе из оцинкованной кровельной стали (7 и 9).

Нижний стальной диск со своей постоянной температурой соответствует температурному режиму внутренних тканей животного. Снизу к стальному диску (диаметром в

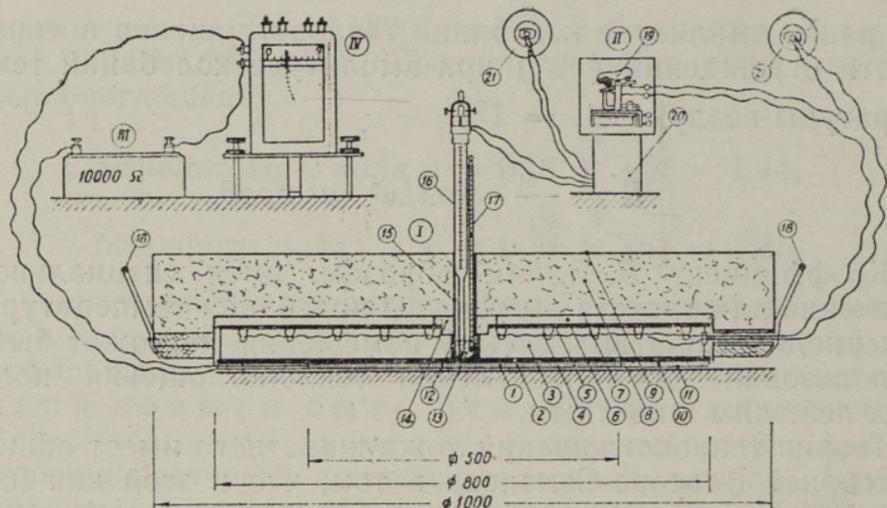


Рис. 9. Измеритель теплопоглощения ложа.

I — электрический нагревательный прибор (в разрезе);
 II — ртутный переключатель с электронным реле; III — сопротивление 10000 или 5000 ом; IV — гальванометр.
 1 — пластинка термотранзитометра Райша, 8 мм; 2 — стальной лист, 7 мм; 3 — воздушная прослойка 50 мм; 4 — электронагреватель, 600 вт (спиральная проволока на фарфоровых изоляторах); 5 — стальной лист, 7 мм; 6 — воздушная прослойка, 12 мм; 7 — оцинкованная листовая сталь, 0,6 мм; 8 — войлок строительный, 100 мм; 11 — воздушная прослойка, 1 мм, между пластинкой термотранзитометра и поверхностью ложа; 12 — стальная чарка для термометров; 13 — вода, окружающая резервуары термометров; 14 — минераловатная (жесткая) прокладка; 15 — оцинкованная стальная трубка, Ø 30 мм, для термометров; 16 — контактный термометр, цена деления 2°; 17 — вспомогательный термометр, цена деления 0,1°; 18 — скоба; 19 — качающийся ртутный переключатель («свинка»); 20 — электронное реле; 21 — розетка осветительной сети; волнистые линии — электропровода.

800 мм и поверхностью 0,50 м²) приклеена квадратная резиновая тепломерная пластинка термотранзитометра в 500×500×8 мм, поверхностью 0,25 м² (1). Свободная поверхность диска вокруг тепломерной пластинки покрыта простой резиновой пластинкой толщиной в 8 мм (10). Движение тепла через тепломерную пластинку происходит таким образом только в направлении одной из осей координат. Резиновая пластинка тепломера, имея термическое сопротивление $R = 0,05 \text{ град м}^2 \text{ час/ккал}$, хорошо подражает, в смысле теплопроводности, кожу животного. (В примере первой главы термическое сопротивление кожи взрослой коровы $R_n = 0,057 \text{ град м}^2 \text{ час/ккал}$).

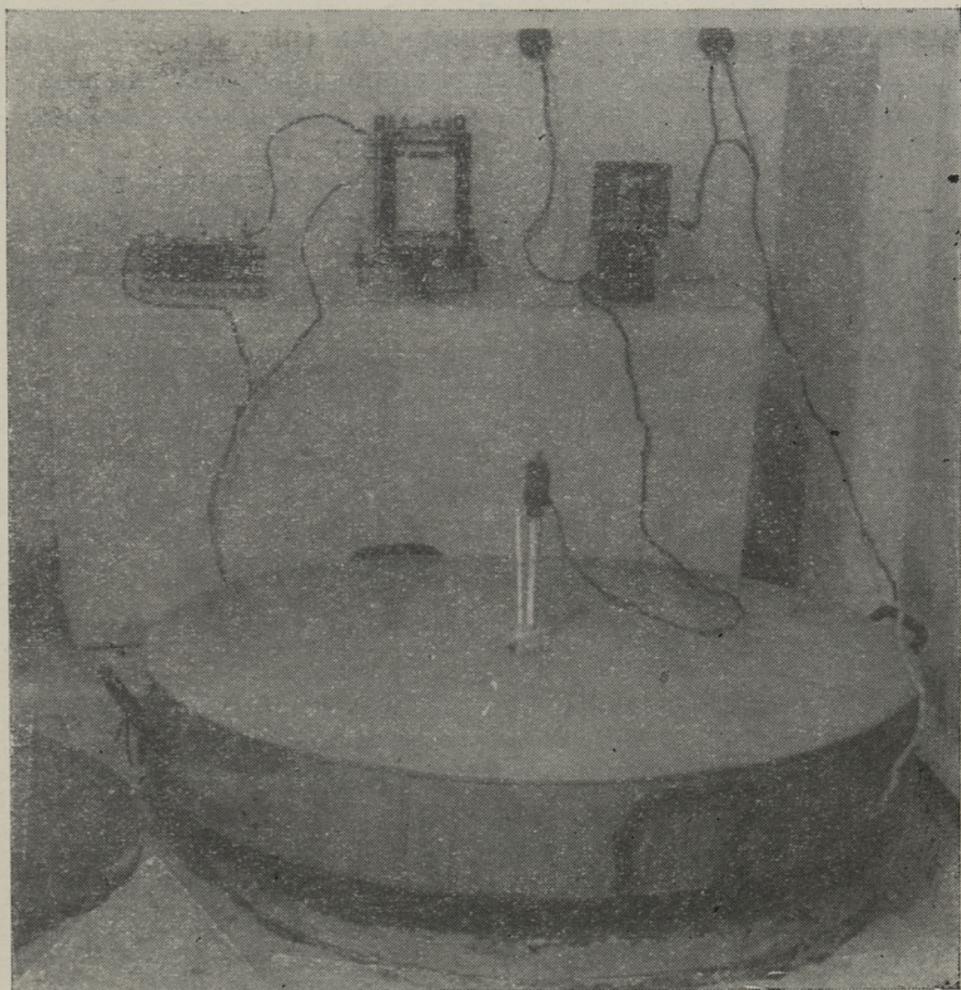


Рис. 10. Общий вид измеритель теплопоглощения

Остается еще имитировать волосяной покров животного. По примеру первой главы термическое сопротивление волосяного покрова равно $R_k = 0,08 \text{ град м}^2 \text{ час/ккал}$. Такое же сопротивление имеет воздушная прослойка в 2 мм (рис. 8). Считаясь с тем, что плоская поверхность тепломера прижимается к поверхности ложа не совсем равномерно, под резиновую пластинку для создания воздушной прослойки (11) приклеены полоски картона толщиной не 2, а только 1 мм.

В случае точного прижатия и создания воздушной прослойки действительно в 1 мм получим термическое сопро-

тивление $R_k = 0,05 \text{ град м}^2 \text{ час/ккал}$ (рис. 8), которое близко соответствует сопротивлению поверхности кожи молодого скота и мелких животных с толщиной волосяного покрова в 2—3 мм.

Нагревательный прибор имеет форму сплошной шайбы диаметром 1,0 м и толщиной 0,18 м. Общий вес прибора 94 кг.

Тепломерная пластинка присоединена к гальванометру (рис. 9, IV). Для серии измерений, описанных ниже, был использован самопишущий гальванометр, приспособленный для измерения теплопроводности стен. Были выключены две позиции из трех, также и самопишущий механизм, т. к. визуальный отсчет со шкалы давал более точные результаты. К гальванометру со шкалой с 0 до 9 милливольт (при внутреннем сопротивлении в 388 ом) было необходимо присоединить добавочное сопротивление в 10 000 или 5 000 ом (рис. 9, III).

Общий вид измерительной установки приведен на рисунке 10.

Для градуировки измерителя было проведено всего 40 опытов, доведенных до стационарного теплового потока. Величины этих потоков, измеренные при помощи

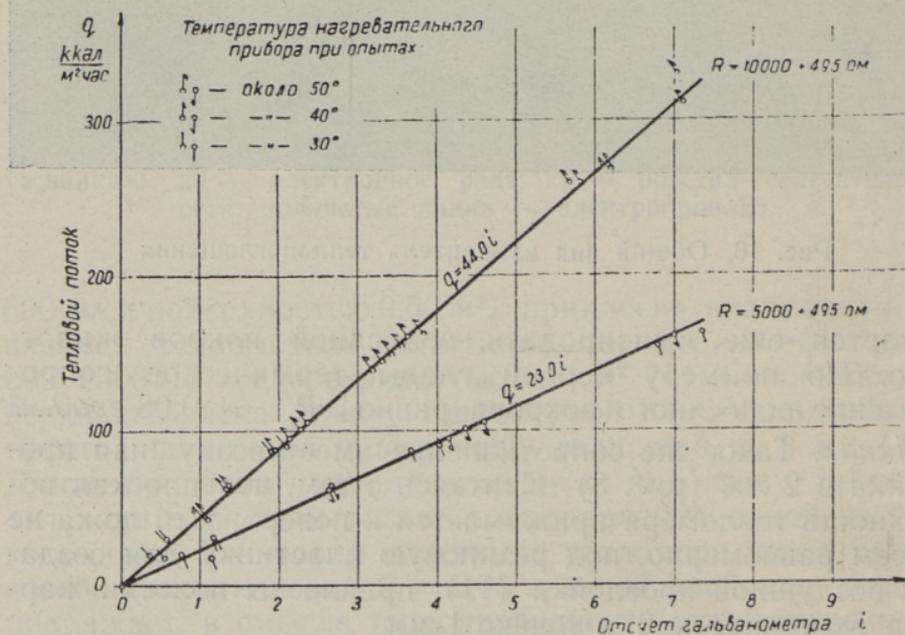


Рис. 11. Результаты градуировки измерителя теплопоглощения

тепломера Шмидта, были сопоставлены с отсчетами гальванометра нашего прибора. Результаты градуировки приведены на рисунке 11. При температуре прибора в 30—50 градусов показания гальванометра зависят только от теплового потока и включенного добавочного сопротивления, но не зависят от температуры прибора.

Результаты измерений позволяют выразить градуировочный график в виде двух прямых линий, соответствующих уравнениям:

$$1) \text{ при } R_{\text{доб.}} = 10000 \text{ ом:}$$

$$q = 44,0 i,$$

$$2) \text{ при } R_{\text{доб.}} = 5000 \text{ ом:}$$

$$q = 23,0 i.$$

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ

Для лабораторных испытанийготавливаются образцы полов в квадратной форме или в виде шайб диаметром не менее 90 см. (При наличии в помещении пола с соответствующей конструкцией испытание можно провести прямо на полу). Перед испытанием образец необходимо держать определенное время в помещении с практически постоянной температурой. При испытании образец лежит на песчаной подушке и окружен песком. Рифленая поверхность конструкции плоско переклеится тонкой бумагой, разделив таким образом воздушную прослойку под измерительным прибором на две независимые друг от друга части: 1) прослойка над бумагой заменяет волосяной покров животного, 2) воздух в желобах под бумагой представляет действительный изолирующий элемент конструкции.

Температура образца перед испытанием измеряется ртутным термометром на поверхности образца с точностью до 0,1°. Посредством контактного и вспомогательного термометров (рис. 9, п. 16 и 17) температура нагревательного прибора регулируется на 33,0° выше температуры испытываемого пола. В пределах наших опытов теплопроводность и теплопоглощаемость практически зависят только от температурного перепада, а не от температур при восприятии и отдаче тепла. Поэтому безразлично, какими краевыми температурами создан температурный перепад

33,0° — либо температурами 39,0° и 6,0° (как в коровнике), либо температурами напр. 50,0° и 17,0° (как в лаборатории). Обыкновенно действительная разница температур ($\Delta t'_o$) немного отличается от $\Delta t_o = 33,0^\circ$. Поэтому показания измерителя (q') переводятся на единую основу по формуле:

$$q = 33,0 \times \frac{q'}{\Delta t'_o}.$$

Затапливание нагревательного прибора до постоянной температуры происходит в стороне от испытываемого ложа, чтобы заранее не изменять температуры последнего. После посадки нагревательного прибора на ложе следят за гальванометром. Момент наибольшего отсчета (состоится в течение 2—6 минут после посадки) принимают за начальный момент испытания. За продолжительность испытания достаточно взять 2 часа, т. к. этим временем вполне выясняется характеристика теплопоглощения ложа. Моменты времени зафиксирования отсчетов (0, 2, 4, 6, 8, 10; 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120 мин.) выбраны исходя из принципа, что в период больших изменений отсчетов промежуток между двумя измерениями ΔZ_m был бы короче.

При испытании конструкций, при которых влажность материалов может изменяться в широких пределах, следует определить и влажность материалов.

Испытание асфальтового пола следует провести при начальной температуре от 0 до 6 градусов, чтобы предотвратить некоторое смягчение асфальта под нагревательным прибором и искажение результатов опыта.

Переход от отсчета гальванометра к показаниям прибора q ккал/м² час и к количеству поглощенного за время Z тепла

$$Q_z = \Sigma q_m \Delta Z_m \text{ ккал/м}^2$$

$$0 < Z_m < Z$$

осуществляется путем расчета в соответствующей таблице протокола испытания.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Первая серия испытаний имела целью выяснить характер теплопоглощения разных видов бетонных, асфальтовых, деревянных и глинобитных полов.

Для получения более надежного эталона для оценки качества каждого вида пола, было измерено также теплопоглощение ложа на лугу, поскольку по мнению животноводов луг и пастбище считаются вполне приемлемым ложем для животных. Эти измерения были проведены в сентябре месяце, после длительных дождей, при наружной температуре 12—15°. Температура нагревательного прибора при испытаниях на лугу была установлена на 39°, подобно температуре тела коровы.

При каждой конструкции пола проведено от 3 до 5 испытаний, с промежутком в 2—3 дня.

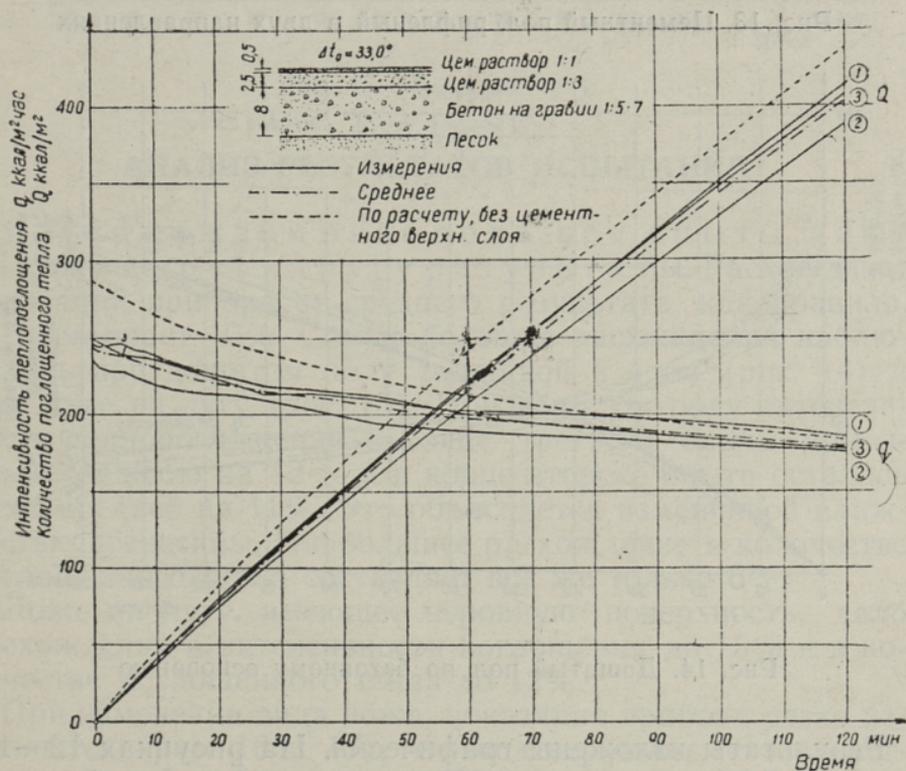


Рис. 12. Результаты испытания цементного пола по бетонному основанию

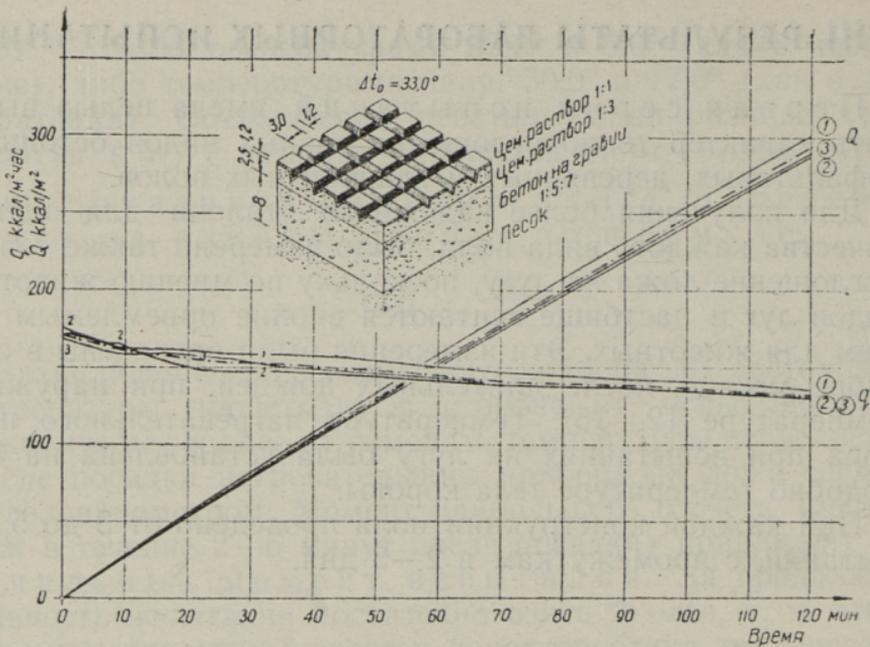


Рис. 13. Цементный пол, рифленый в двух направлениях

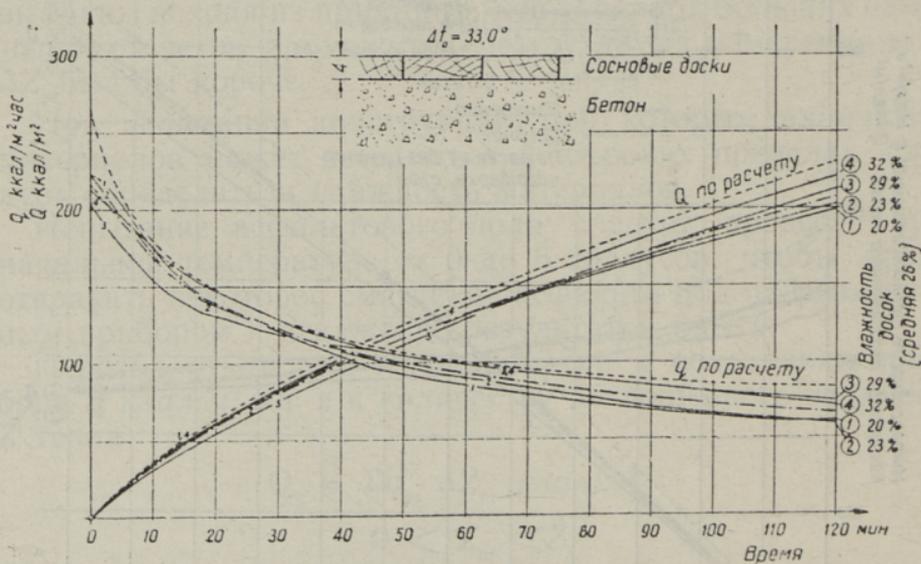


Рис. 14. Дощатый пол по бетонному основанию

Результаты изложены графически. На рисунках 12—15 приведены результаты наиболее характерных серий испытаний. Сводка средних результатов для отдельных видов полов изложена на рисунках 16 и 17.

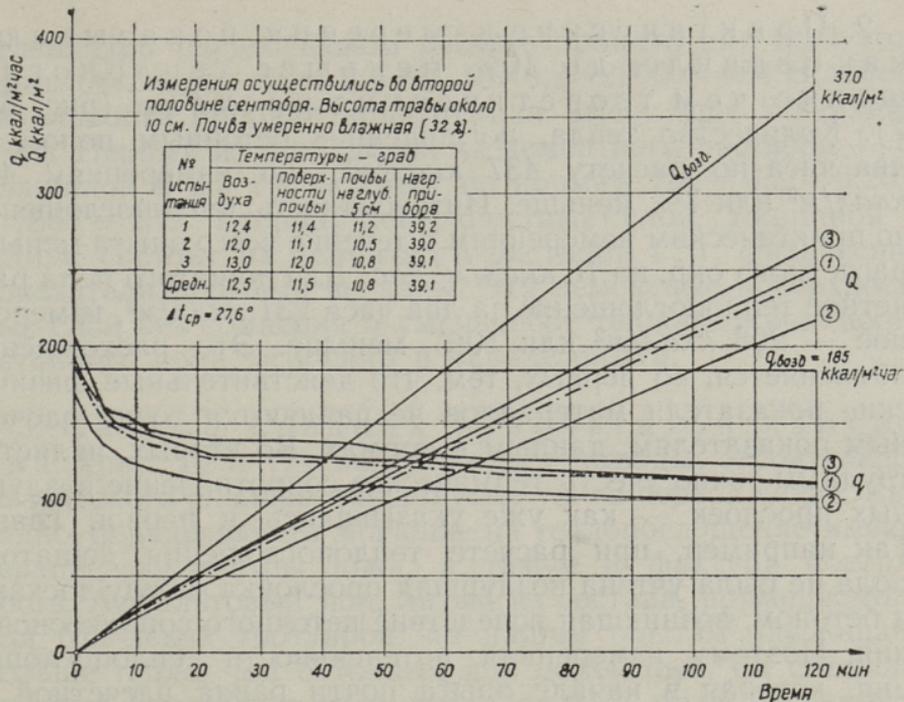


Рис. 15. Ложе на лугу

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

1. При каждом виде пола все опыты дают близкие друг к другу результаты. Расхождение показаний прибора от среднего результата, как правило, не превышает 10%. Самые большие расхождения наблюдались при дощатом полу толщиной в 4 см (рис. 14) и при ложе на лугу (рис. 15). При дощатом полу интенсивность теплопоглощения в конце третьего опыта превышала среднюю на 12%, а в конце второго опыта осталась ниже средней на 11%. Это объясняется изменчивой влажностью древесины. Наибольшее расхождение в количестве поглощенного тепла составляет все же только 6%.

Ложе на лугу, имеющее неровную поверхность, дало расхождения в интенсивности поглощения до 15% и в количестве поглощенного тепла до 12%.

При изменении вида ложа, показания прибора резко изменяются (рис. 16 и 17), что подтверждает, что сконструированный в Таллинском Политехническом Институте измерительный прибор отвечает поставленным требованиям и может быть применен для сравнительной оценки теплопоглощения разных видов полов.

2. Практические измерения показывают, как правило, до 10% меньшее теплопоглощение, чем теоретические расчеты (рис. 6 и 7). Количество тепла, поглощенное бетонным полом за два часа по расчету 437 ккал/м^2 , по измерениям 405 ккал/м^2 или 7% меньше. Интенсивность теплопоглощения по практическим измерениям в течение всего опыта меньше расчетного окр. на $16 \text{ ккал/м}^2 \text{ час}$. Для дощатого пола расчетное теплопоглощение за два часа 231 ккал/м^2 , измеренное — 208 ккал/м^2 или 10% меньше. Это расхождение объясняется, во первых, тем, что действительные физические показатели материалов не равняются точно расчетным показателям, данным в нормах. Во вторых, является трудным точно учесть термическое сопротивление воздушных прослоек — как уже указывалось в первой главе. Так например, при расчете теплопоглощения дощатого пола не была учтена воздушная прослойка между досками и бетоном, возникшая вследствие неточного соприкосновения. Поэтому измеренная интенсивность теплопоглощения, которая в начале опыта почти равна расчетной, к концу опыта мало-по-малу уменьшается (рис. 6 и 14).

На рис. 6 и 7 самое большее расхождение между теорией и измерениями дает торфяная подстилка (по расчету $Q_{2h} = 134 \text{ ккал/м}^2$, по опыту $Q_{2h} = 99 \text{ ккал/м}^2$ или на 33% меньше). Это объясняется тем, что при теоретическом расчете для торфяной подстилки было принято $\gamma = 225$, $\lambda = 0,06$ и $c = 0,40$ (при весовой влажности в 20%). Опыты же были проведены с чрезвычайно сухим (влажн. 15,5%) и легким торфом ($\gamma = 110$). При таком материале вероятная величина теплопроводности $\lambda = 0,035$. Теоретическое теплопоглощение данной подстилки должно быть

$$Q_{2h} = \frac{134 \sqrt[4]{0,035 \times 0,40 \times 110}}{\sqrt[4]{0,06 \times 0,40 \times 225}} = 97 \text{ ккал/м}^2.$$

Следовательно, отклонение результата опыта от теории составляет в действительности 2%.

При цементном полу по бетонному основанию (рис. 12) наблюдаем, что кривые интенсивности (по расчету и по измерениям) расходятся в наибольшей мере в начале опыта, а к концу почти совпадают. Тут мы имеем дело, по всей вероятности, также с несходством физических показа-

телей. При теоретическом расчете принято для всей толщины бетонного пола $\lambda_{\Sigma} = 1,10 \times 0,2 \times 2200 = 484$. В действительности пробная конструкция имеет еще 2 верхних слоя. Первый из них сделан из цементного раствора 1 : 3, толщиной в 2,5 см, и имеет по нормам $\lambda_{\Sigma} = 0,80 \times 0,20 \times 1800 = 288$. Второй, поверхностный слой, толщиной в 0,5 см, состоит из цементного раствора 1 : 1; физические показатели нормами не даны. Эти цементные поверхностные слои без сомнения и уменьшают теплопоглощаемость бетонного пола, особенно в начале опыта.

3. Сводка средних результатов измерений (рис. 16 и 17) подтверждает выводы строительно-физического анализа, выдвинутые уже в первой главе. Как видно, определяющее значение на теплопоглощение имеют верхние сантиметры ложа, а также и фактура поверхности. Асфальтовый пол, литый из состава, применяемого для городских тротуаров, по нашим опытам поглощает больше тепла, чем бетонный или цементный. От сотового кирпича в качестве утеплителя пользы мало (у цементного пола по бетонному основанию $Q_{2h} = 404$, по сотовому кирпичу $Q_{2h} = 383$, а у асфальтового пола по сотовому кирпичу даже $Q_{2h} = 416$).

Благодаря воздушным прослойкам, покрывающим ориентировочно 50% поверхности рифленого бетона, интенсивность теплопоглощения этого вида пола почти постоянная и приблизительно равна приемлемой теплопоглощаемости ($q = 150$ ккал/м² час).

Для более правильного сравнения результатов измерения в коровнике с результатами измерения в наружном воздухе было определено приемлемое теплопоглощение в наружном воздухе. При средней скорости ветра в 5 м/сек, по расчету $R_p = 0,045$.

$$R_o = R_n + R_k + R_p = 0,05 + 0,05 + 0,045 = 0,145$$

За приемлемую интенсивность теплопоглощения ложа принимается и тут теплоотдача в воздух, которую следует определить при каждом опыте отдельно по формуле

$$q_{\text{приемл.}} = \frac{\Delta t_o}{R_o} = \frac{\Delta t_o}{0,145} = 6,9 \Delta t_o,$$

где Δt_o обозначает разницу температур нагревательного

прибора и воздуха (температура наружного воздуха, как правило, не равняется температуре ложа).

Поверхность земли на лугу, если она не очень мокрая, дает по опытам приемлемое ложе. Хотя влажный дерн и не уступает бетону в величине показателя $\lambda\gamma$, воздух между травинками, а также и неровности поверхности почвы значительно повышают термоизоляцию. При средней температуре воздуха $12,5^\circ$, поверхности почвы $11,5^\circ$ и при температуре нагревательного прибора $39,1^\circ$ измерения дали $Q_{2h} = 245 \text{ ккал/м}^2$ (рис. 15). В данном случае $q_{\text{приемл.}} = 6,9 (39,1 - 12,5) = \text{окр. } 185 \text{ ккал/м}^2 \text{ час}$. Из рисунка 15 видно, что лежащая на лугу корова уже с первых минут не ощущает охлаждения со стороны ложа. На-

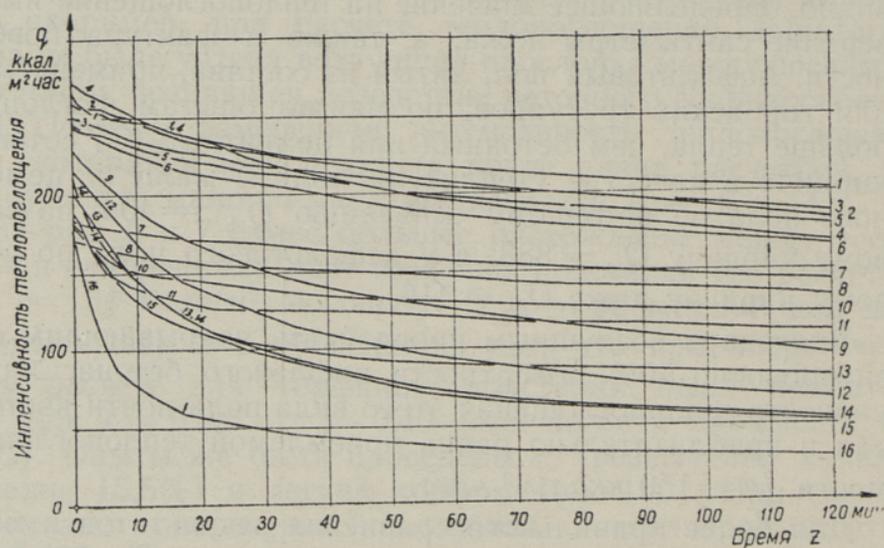


Рис. 16. Интенсивность теплопоглощения полов (сводка средних результатов измерений)

1 — литый асфальт $2 \div 2,5 \text{ см}$ + бетон 10 см ; 2 — глинобитный пол 11 см , влажн. 7% ; 3 — литый асфальт $2 \div 2,5 \text{ см}$ + сотовый кирпич 14 см ; 4 — бетон ок. 10 см ; 5 — цементный пол 3 см + бетон 8 см (рис. 12); 6 — цементный пол 3 см + сотовый кирпич 14 см ; 7 — рифленый $\parallel 50\%$ цементный пол $3,5 \text{ см}$ + бетон 9 см ; 8 — рифленый $\nabla 45\%$ цементный пол 3 см + бетон 8 см (рис. 13); 9 — торцовый деревянный пол 12 см , влажн. 15% ; 10 — луг, влажн. почвы 43% , темп. 14° ; 11 — луг, влажн. почвы 32% , темп. 11° (рис. 15); 12 — доски $4,0 \text{ см}$, влажн. 26% , по бетону (рис. 14); 13 — доски $1,8 \text{ см}$, влажн. 10% , по бетону; 14 — доски $4,0 \text{ см}$, влажн. 9% , по бетону; 15 — доски $4,0 \text{ см}$, влажн. 11% , по глинобитному полу влажностью 2% ; 16 — торф сфагнум $3,7 \text{ см}$, $\gamma = 110 \text{ кг/м}^3$, влажн. $15,5\%$, по бетону. Основание полов — песок.

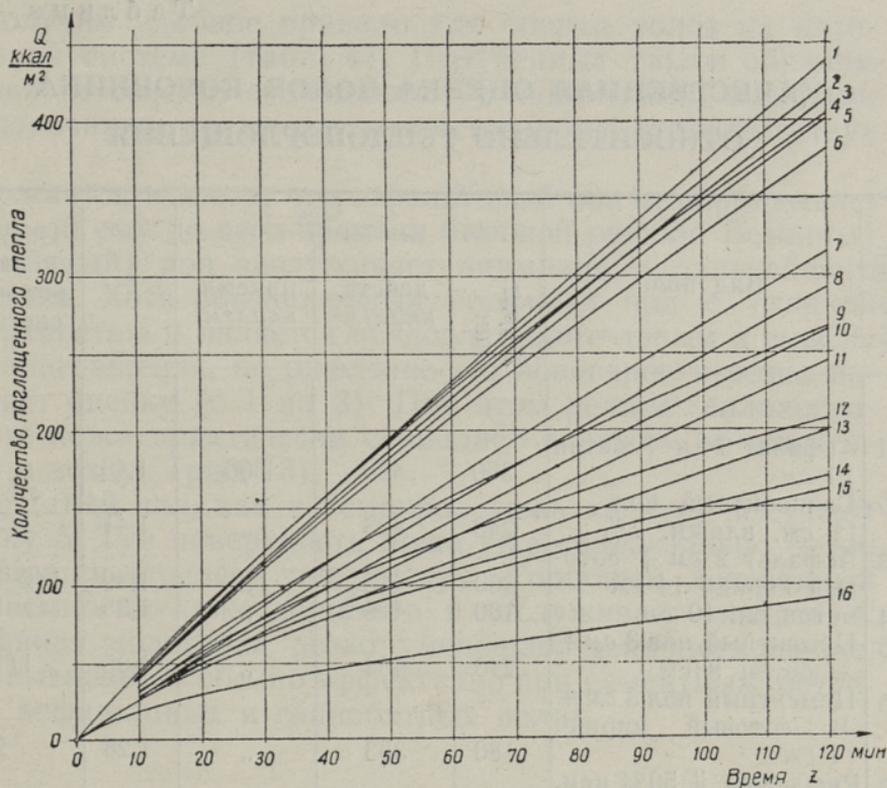


Рис. 17. Количество тепла, поглощенное разными видами полов. Нумерация как на рисунке 16.

оборот — теплопоглощение ложа (в среднем $q = 122$ ккал/м² час) значительно меньше теплоотдачи в воздух.

Нередко высказывается мнение, что корова, привыкшая в прохладное время года лежать на лугу, как-нибудь приспособится к бетонному полу стойла. В действительности же ложе на лугу создает корове очень хороший режим, достижимый только редкими конструкциями полов, и не приспособит организм к холодному полу.

Рисунок 16 и табл. 4 показывают, что показатель Z крит. не дает наглядной оценки полам с большим поглощением тепла. Относительное теплопоглощение e оказывается более удобным показателем для качественной оценки. При испытании полов без подстилки получены величины e в пределах от 0,54 до 1,46. Если эти пределы округлить на 0,5 и 1,5 и промежуток разделить на пять равных частей,

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОЛОВ КОРОВНИКА ОТНОСИТЕЛЬНО ТЕПЛОПОГЛОЩЕНИЯ

№№ п/п	Вид пола	Z крит. мин	Q _{2h}		e	Оценка на пяти- бальной системе ¹
			действ. ккал/м ²	приемл. ккал/м ²		
1	Асфальт 2 см + бетон 10 см	360	439	300	1,46	1
2	Глинобитный пол 11 см, влажн. 7%	240	423	„	1,41	1(3)
3	Асфальт 2 см + сото- вый кирпич 14 см	300	416	„	1,39	1(2—4)
4	Бетон ок. 10 см	180	405	„	1,35	1
5	Цементный пол 3 см + + бетон 8 см	240	404	„	1,35	1(1)
6	Цементный пол 3 см + + сотовый кирпич 14 см	180	383	„	1,28	2
7	Рифленый 50% цем. пол 3,5 см + бетон 9 см	85	316	„	1,05	3
8	Рифленый ⊕ 45% цем. пол 3 см + бетон 8 см	40	293	„	0,98	3
9	Горцовый деревянный пол 12 см, влажн. 15%	30	267	„	0,89	4(5)
10	Луг, влажн. 43%, темп. почвы 14,5°, возд. 14,8°	2	266	340	0,78	4
11	Луг, влажн. 32%, темп. почвы 11,5° возд. 12,5°	1	245	370	0,66	5
12	Доски 4,0 см, влажн. 26% + бетон	15	208	300	0,69	5
13	Доски 1,8 см, влажн. 10% + бетон	9	200	„	0,67	5
14	Доски 4,0 см, влажн. 9% + бетон	9	170	„	0,57	5
15	Доски 4,0 см, влажн. 11% + глинобитный пол, влажн. 2%	6	162	„	0,54	5(5)
16	Торф сфагнум 3,7 см, γ = 110 кг/м ³ , влажн. 15,5%, по бетону.	1	90	„	0,30	5

то получим удобное правило для оценки полов на пятибалльной системе (табл. 4). Полученные таким образом оценки не совсем совпадают с подобными оценками «Справочника по сельскохозяйственному строительству» [6].

Бросается в глаза, что асфальтовый пол не оправдывает даваемой ему до сего времени высокой оценки. Бетонный (цементный) пол заслуживает внимания и дальнейшего развития. Хотя обыкновенный бетонный пол с гладкой поверхностью и является неудовлетворительным в смысле теплопоглощения, но рифление его поверхности резко повышает оценку (с 1 на 3). При этом режим теплопоглощения ложа практически совпадает с режимом теплоотдачи в воздух (рис. 13).

Дощатый пол, как и немокрое ложе на лугу получают оценку 5. Тут поверхность ложа уже сравнительно скоро ощущается «теплее» чем воздух. Торцовый деревянный пол немногим хуже дощатого и заслуживает оценки 4. Торфяная подстилка резко уменьшает теплопоглощение, ее применение особенно эффективно при цементных, бетонных, асфальтовых и глинобитных полах.

¹ Перевод значений e на пятибалльную систему: 5... $e \leq 0,70$, 4... $e = 0,71 \div 0,99$; 3... $e = 0,91 \div 1,10$; 2... $e = 1,11 \div 1,30$; 1... $e \geq 1,31$. В скобках показана оценка «нетеплопроводности» по «Справочнику по сельскохозяйственному строительству» [6, табл. 235].

ВЫВОДЫ

1. Вопрос о поглощении тепла ложем животного можно с необходимой четкостью решить теплофизическим расчетом.

2. Практические измерения при помощи прибора Таллинского Политехнического Института близко совпадают с теорией.

3. В качестве показателей для оценки полов по теплопоглощению рекомендуются:

- 1) относительное теплопоглощение e (отношение количества тепла, поглощенного квадратным метром ложа за два часа, к теплоотдаче квадратного метра кожи в воздух за это же время);
- 2) длительность ощущения пролады (время, в течение которого интенсивность теплопоглощения ложа понизится до уровня интенсивности теплоотдачи в воздух).

4. Определяющее значение на теплопоглощение имеет материал верхних сантиметров ложа и фактура поверхности.

5. Слои утеплителя под поверхностной коркой пола не имеют существенного значения.

6. Ложе на лугу создает хороший режим, достижимый только хорошими конструкциями полов.

7. Асфальтовый пол не оправдывает даваемой ему высокой оценки.

8. Рифление поверхности бетонного пола резко уменьшает его теплопоглощаемость и приравнивает его к приемлемым видам полов.

9. Даже тонкий слой подстилки резко уменьшает теплопоглощение холодного пола.

10. Очередность полов по пятибальной системе следующая:

- 5 — подстилка, доски, луг;
- 4 — торцовый деревянный пол, влажный луг;
- 3 — рифленый бетон;
- 2 — цементный пол по сотовому кирпичу;
- 1 — асфальт, бетон, глина.

БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И РАЗМЕРНОСТИ

- Q — количество поглощенного тепла *ккал/м²*
- Q_z — поглощение тепла за время Z *ккал/м²*
- q — интенсивность теплоотдачи или
теплопоглощения *ккал/м² час*
- q_m — средняя интенсивность тепло-
поглощения в промежуток вре-
мени между двумя измере-
ниями *ккал/м² час*
- R_o — общее сопротивление теплопе-
редаче от внутренних тканей
организма наружу *град м² час/ккал*
- R_n — термическое сопротивление ко-
жи *град м² час/ккал*
- R_k — термическое сопротивление во-
лосяного покрова *град м² час/ккал*
- R_p — сопротивление теплоотдаче по-
верхности *град м² час/ккал*
- Δt_o — общий температурный перепад
от внутренних тканей орга-
низма к воспринимающей теп-
ло среде *град*
- Δt_n — температурный перепад в коже *град*
- Δt_k — температурный перепад в во-
лосяном покрове *град*
- Δt_p — температурный перепад в воз-
духе у поверхности волосяного
покрова *град*

- α_p — коэффициент теплоотдачи . . . *ккал/м² час град*
 $\Delta\tau$ — конечное приращение температуры в толще материала . . . *град*
 ΔZ — конечное приращение времени *час*
 ΔZ_m — промежуток времени между двумя измерениями *час*
 Δx — толщина расчетного слоя . . . *м*
 λ — коэффициент теплопроводности материала *ккал/м час град*
 c — удельная теплоемкость материала *ккал/кг град*
 γ — объемный вес материала . . . *кг/м³*
 Z — время *час*
 Z_m — продолжительность опыта . . *час*
 $Z_{\text{крит.}}$ — длительность ощущения прохлады *мин*
 e — относительное теплопоглощение *1/1*

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Пленума ЦК КПСС от 31 янв. 1955, Об увеличении производства продуктов животноводства.
2. Л. К. Юргенсон, Тепловой и влажностный режим коровника, Изд. «Научная Литература», Тарту, 1949.
3. L. Jürgenson, Kuiv ja soe karjalaut. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1951.
4. Л. К. Юргенсон, Зависимость режима влажности, теплоты и содержания CO_2 в помещениях для сельскохозяйственных животных от ограждающих конструкций и установок аэрации, Труды Таллинского Политехнического Института, Серия А № 38, Эстгосиздат, 1951.
5. Л. К. Юргенсон, Расчет режима помещений для сельскохозяйственных животных, Труды Таллинского Политехнического Института, Серия А № 75, Эстгосиздат, 1956.
6. Справочник по сельскохозяйственному строительству, Том 1, Москва, 1953.
7. К. Р. Викторов, Физиология домашних животных, ОГИЗ—СЕЛЬХОЗГИЗ, Москва 1948.
8. А. К. Скороходько, Гигиена сельскохозяйственных животных, Сельхозгиз, Москва, 1950.
9. К. Ф. Фокин, Строительная теплотехника ограждающих частей зданий, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, Москва, 1953.
10. Л. А. Семенов, Теплоустойчивость и печное отопление жилых и общественных зданий, Машстройиздат, Москва, 1950.
11. В. П. Преображенский, Теплотехнические измерения и приборы, Государственное энергетическое издательство, Москва, 1953.
12. Под редакцией Л. А. Серк, Архитектура гражданских и промышленных зданий, Том II, Стройиздат, Москва, 1948.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
I	Строительно-физический анализ поглощения тепла ложем животного	6
II	Измерительная установка и методика испытания ложа на теплопоглощение	23
III	Результаты лабораторных испытаний	29
	Выводы	38
	Буквенные обозначения и размерности	40
	Литература	42

Х. П. Отлоот
ПОГЛОЩЕНИЕ ТЕПЛА ЛОЖЕМ
ЖИВОТНОГО

Издательство
Таллинского Политехнического
Института

*

Редактор Л. К. Юргенсон

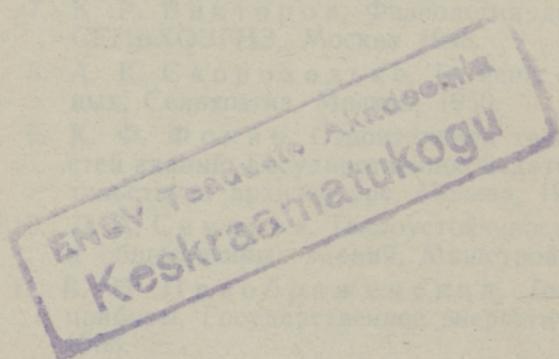
Технический редактор А. Тамм

Корректор Э. Йыгиоя

Сдано в набор 23 IV 1957. Подписано к
печати 19 VII 1957. Бумага 45×84¹/₁₆.
Печатных листов 2,75. По формату
60×92 печатных листов 2,23. Учетно-
издательских листов 2,10. Тираж 800.
МВ-05269. Заказ № 783.

Типография «Пунане Тяхт»,
Таллин, ул. Пикк 54/58.

Цена 1 руб. 50 коп.



1 руб. 50 коп.