

p.6.7

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Серия А

№ 177

1960

Л. К. ЮРГЕНСОН

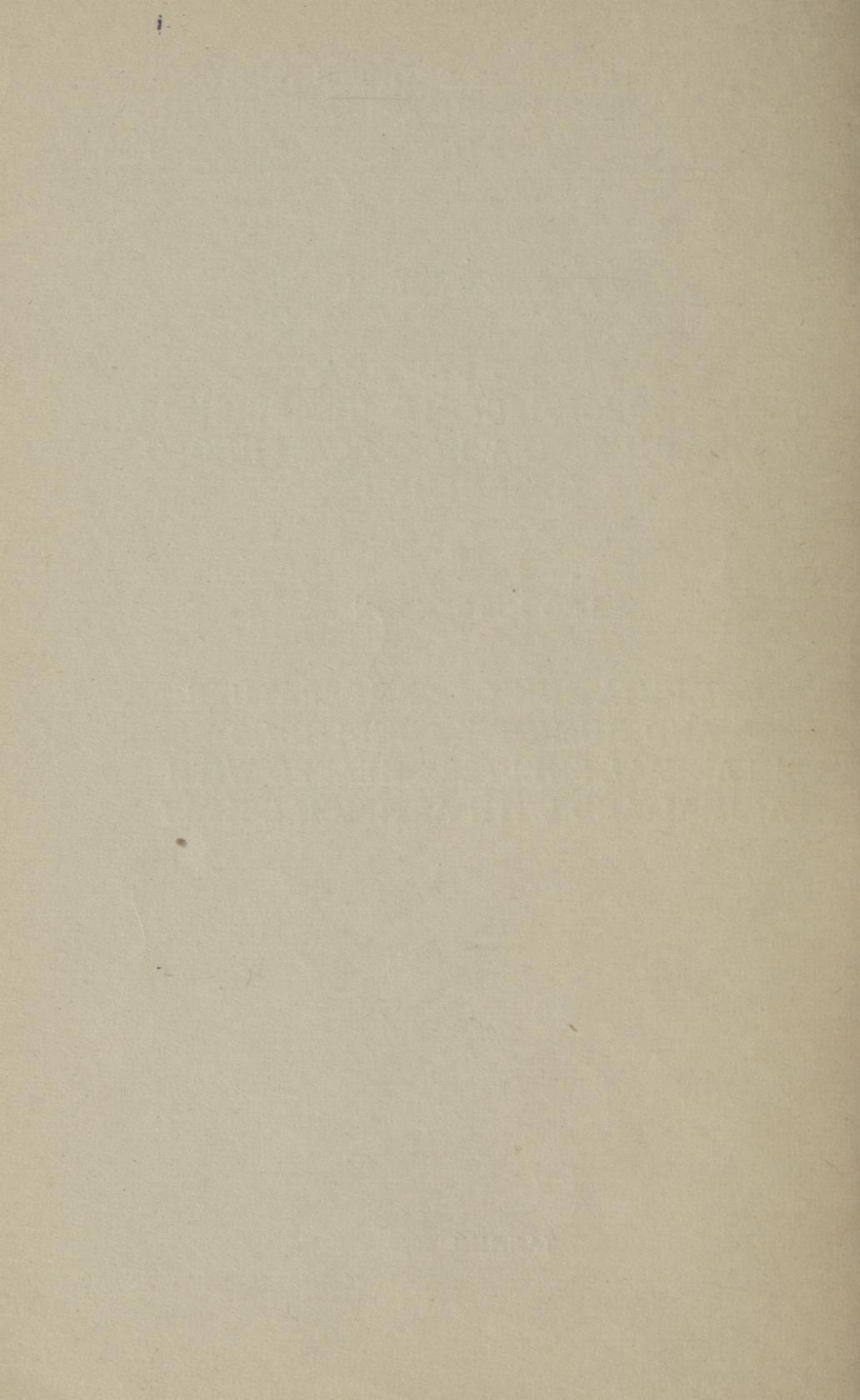
РАСЧЕТ РЕЖИМА
ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ
С УЧЕТОМ ТЕПЛА ИСКУССТВЕННОГО
ОТОПЛЕНИЯ

*

LEO JURGENSON

COMPUTATION OF TEMPERATURE
AND HUMIDITY CONDITIONS
IN ANIMAL SHELTERS HEATED WITH
ANIMAL AND WITH ARTIFICIAL HEAT

ТАЛЛИН, 1960



Ер. 6.7

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Серия А

№ 177

1960

Л. К. ЮРГЕНСОН

РАСЧЕТ РЕЖИМА
ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ
С УЧЕТОМ ТЕПЛА ИСКУССТВЕННОГО
ОТОПЛЕНИЯ

*

LEO JÜRGENSON

COMPUTATION OF TEMPERATURE
AND HUMIDITY CONDITIONS
IN ANIMAL SHELTERS HEATED WITH
ANIMAL AND WITH ARTIFICIAL HEAT

ТАЛЛИН, 1960

АННОТАЦИЯ

На основе строительного-физического анализа баланса тепла и водяного пара выясняется, каким образом ограждающие конструкции, установки аэрации, заселенность помещения и искусственное отопление определяют режим помещения при учете факта, что выделение водяного пара животными и самим помещением повышается с повышением температуры.

Er. 3373



ОТ АВТОРА

Настоящая работа является развитием труда «Расчет режима помещения для сельскохозяйственных животных»^{*}). Расчеты основаны на ккал общего тепла, выделяемого животными, в отличие от ккал свободного тепла, принятой за основу в предыдущих трудах.

ВЫВОДЫ

1. Измерения, проведенные в коровниках в условиях эксплуатации, дали следующую среднюю зависимость выделения водяного пара от температуры (рис. 2):

Таблица 1

Температура °С	0	5	10	15	20
V/A_0 г/ккал	0,354	0,450	0,612	0,864	1,28
$\varepsilon = A:A_0$	0,793	0,737	0,642	0,495	0,250

2. Результаты расчета режима помещения, проведенного на этой основе, показаны на графиках рис. 3—14.

3. Тепло искусственного отопления следует учитывать через приведенную величину модуля c [Формула (7)]. Это позволяет рассчитывать режим отапливаемого помещения по прежним формулам и диаграммам.

4. Наружная температура, при которой еще возможно держать температуру помещения на уровне $+6^\circ\text{C}$ при отн. влажности 85%, показана в таблице 2 в зависимости от величины модуля c и от относительной влажности наружного воздуха (рис. 15).

^{*}) Труды Таллинского политехнического института. Серия А. № 75, Таллин 1956.

Таблица 2

$t_{\text{в}}$ \ t	0,03	0,02	0,01	0,005	0,0	-0,004
90%	(-2,2)	-5,3	-10,2	-14,5	-20,5	-26,7
80%	-3,8	-6,6	-11,3	-15,5	-21,1	-27,2
70%	-4,8	-7,4	-12,3	-16,2	-21,7	-27,9

2. РАСЧЕТ РЕЖИМА ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Воздух помещения для сельскохозяйственных животных должен быть чистым, достаточно теплым и умеренно сухим. Это диктуется заботой о здоровье и продуктивности скота, так и требованием создания приемлемых условий для обслуживающего персонала, а также требованием защиты здания от влажности.

Строительные нормы поэтому предписывают максимально допустимое содержание водяного пара и CO_2 , а также минимальную температуру воздуха 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 этих требований следует планомерно удалять из помещения выделяемые скотом тепло, пары и газы, а также испарения и выделения газов с пола и лотков. Это достигается путем регулярного обмена воздуха. Однако обмен воздуха связан с расходом тепла, что и ограничивает его интенсивность. Имеющимся теплом приходится в первую очередь покрыть потери через ограждения, и только остающееся количество тепла можно использовать на согревание поступающего свежего воздуха, т. е. на проведение воздухообмена.

Расход тепла на испарение воды. Тепло выделяется живым организмом путем излучения, конвекции, пере-

дачи и испарения воды. Поскольку водяной пар обычно удаляется из помещения в неосажденном виде, тепло испарения остается потерянным для теплового хозяйства помещения и не используется на согревание воздуха и самого помещения.

В тепловом хозяйстве помещения используется только то количество тепла, которое остается свободным после покрытия расходов на испарение. Назовем это свободным теплом. Каждый грамм испаренной воды уменьшает количество наличного тепла округленно на 0,585 ккал. Количество свободного тепла в неотапливаемом помещении составляет поэтому: $A = A_0 - 0,585 B$. Подставив $B = eA_0$, получим

$$A = A_0(1 - 0,585 e) = \epsilon A_0 \quad (1)$$

Количество обмениваемого воздуха определяется количеством остающегося для этой цели тепла, т. е. из общего выделения свободного тепла за вычетом потерь тепла через ограждающие конструкции. При температурном перепаде T потеря тепла через ограждение, имеющее площадь F , составляет TkF , и через все ограждения помещения $T\Sigma kF$. Количество свободного тепла, которое остается на воздухообмен составляет, следовательно, $\epsilon \Sigma A_0 - T\Sigma kF$. Поскольку согревание Q кг наружного воздуха на T гра-

дусов требует nQT ккал, то получим $Q = \frac{1}{nT}[\epsilon \Sigma A_0 - T\Sigma kF]$ кг/час.

Для получения более общего решения целесообразно рассчитывать обмен воздуха на ккал общего тепловыделения. Разделив обе половины уравнения на общее выделение тепла животными ΣA_0 , получим

$$q = \frac{Q}{\Sigma A_0} = \frac{1}{n} \left[\frac{\epsilon}{T} - \frac{\Sigma kF}{\Sigma A_0} \right] \text{ кг/ккал.}$$

Величина $\frac{\Sigma kF}{\Sigma A_0}$ зависит от величины здания, степени его теплоизоляции и общего количества тепла, выделяемого животными. Для практических целей расчета можем принять ее постоянной величиной, которую назовем модулем теплопотерь через ограждения. Величина $c = \frac{\Sigma kF}{\Sigma A_0}$

показывает долю количества общего тепла, выделяемого животными, которая теряется через ограждения на градус температурного перепада. *)

Следовательно

$$q = \frac{1}{n} \left[\frac{\varepsilon}{T} - c \right] \text{ кг/ккал} \quad (2)$$

Содержание водяного пара в воздухе помещения тем выше, чем больше приток пара и чем меньше обмен воздуха. Приток пара составляет e г/ккал. При установившемся режиме непрерывный приток пара должен распределяться на так же непрерывно обменивающееся количество воздуха q .

Воздух помещения содержит поэтому на

$$b = \frac{e}{q} = \frac{en}{\frac{\varepsilon}{T} - c} \text{ г/кг}$$

водяного пара больше, чем наружный воздух. Прибавив это количество к содержанию пара в поступающем воздухе, найдем абсолютное содержание пара в воздухе помещения. Из этого вычисляем относительную влажность, соответственно температуре.

Содержание CO_2 определяется аналогичным путем. Поскольку приток CO_2 составляет i л/ккал, то получим

$$d = \frac{i}{q} = \frac{in}{\frac{\varepsilon}{T} - c} \text{ л/кг} \quad (4)$$

Прибавив это количество к содержанию CO_2 в поступающем воздухе, найдем содержание CO_2 в воздухе помещения. Соответственно температуре можем вычислить содержание CO_2 в л/м³.

Приток тепла и CO_2

Для практических целей расчета режима выделение общего тепла быками, сухостойными коровами и лакти-

*) Более ясное представление о физическом значении этого модуля дает его обратная величина, означающая температурный перепад, при котором потери через ограждения составляют величину, равную выделению общего тепла (ΣA_0).

рующими коровами с удоем до 30 л/сутки целесообразно определить по формуле:

$$A_0 = 0,9z + 21,5 (u - 10) + 360 \text{ ккал/час.}$$

где z — вес животного в кг, u — удой в л/сутки.

Для телят весом до 140 кг

$$A_0 = 3z \text{ ккал/час.}$$

Для молодняка весом от 140 до 500 кг

$$A_0 = z + 280 \text{ ккал/час.}$$

Эти формулы составлены на базе данных ВИЭВ — 1959 г.

Выделение CO_2 составляет 0,149 литра на ккал общего тепла.

Приток водяного пара в большой мере зависит от режима помещения. Характер этой зависимости еще не выяснен. Имеются лишь одиночные данные о роли температуры помещения. На рис. 1 приведен пример зависимости выделения водяного пара от температуры в случае коровы*). Величина $\varepsilon = A : A_0$, рассчитанная по формуле (1) из этих данных, показана на рис. 2.

В животноводческом помещении к количеству пара, выделяемого животными, прибавляются еще испарения с пола, лотков, поилок и т. д. Это увеличивает приток водяного пара и снижает количество свободного тепла в помещении, что идет в ущерб тепловлажностному режиму.

На рис. 2 и в таблице 1 показаны результаты измерений величины $\varepsilon = A : A_0$, проведенных работниками Таллинского политехнического института в сотрудничестве с Гипросельхозом СССР. Измерения проводились в коровниках путем измерения температуры и относительной влажности внутреннего и наружного воздуха и количества обмениваемого воздуха.

Температура и относительная влажность измерялись психрометрами Ассмана. Обмен воздуха вычислялся исходя из скорости воздуха в вытяжной шахте, определен-

*) Новое в физиологии домашних животных. Сборник II. Сельхозгиз, Москва, 1959.

ной постоянно работающими крыльчатыми анемометрами. Для лучшей проверки данных, в вытяжную шахту, как правило, ставились 3 анемометра.

Общее количество удаляемого из помещения водяного пара вычислялось из разницы содержания пара в поступающем и в удаляемом из помещения воздухе. Таким же образом определялся и баланс свободного тепла. При этом потери тепла через ограждающие конструкции определялись расчетом.

В качестве проверки выделяемого тепла служили определения содержания углекислого газа в удаляемом воздухе, из которых за вычетом содержания CO_2 в чистом воздухе, получалось количество выделяемого CO_2 . Последнее пересчитывалось на количество тепла, считая, что одному литру CO_2 соответствует 0,149 ккал общего тепла.

При вычислениях учитывалась неравномерность в вертикальном распределении температуры воздуха. При расчетах баланса тепла и влаги учитывалась температура воздуха в вытяжной шахте. На диаграмме же (рис. 2) показана средняя температура коровника, которая была на пару градусов ниже температуры воздуха в вытяжной шахте.

Для более наглядного сравнения результатов на рис. 2 показана также зависимость G , которая была принята за основу расчетов в предыдущем труде. Новые данные дают большие количества водяного пара и предъявляют более строгие условия к обмену воздуха и к теплоизоляции помещения.

Тепло искусственного отопления, т. е. тепло получаемое от приборов отопления или от регенерации отходного тепла, отличаются от тепла, выделяемого животными, тем, что его выделение не сопровождается выделением водяного пара и газов. Поэтому тепло отопления целесообразно учесть в расчетах как уменьшение теплопотерь через ограждения. Уравнение баланса тепла получается теперь в виде

$$\varepsilon \Sigma A_0 = T \Sigma kF - W + nTQ$$

Обмен воздуха на ккал общего тепла выделяемого животными

$$q = \frac{1}{n} \left[\frac{\varepsilon}{T} - \frac{\Sigma kF}{\Sigma A_0} + \frac{W}{T \Sigma A_0} \right] \quad (5)$$

Количество тепла отопления, как и количество тепла, получаемое при регенерации отходного тепла, как правило, получается пропорциональным температурному перепаду T . Назвав $\frac{W}{T} = w$, получим

$$q = \frac{1}{n} \left[\frac{\varepsilon}{T} - \frac{\Sigma kF - w}{\Sigma A_0} \right] \quad (6)$$

Если придать модулю теплопотерь более общее значение

$$c = \frac{\Sigma kF - w}{\Sigma A_0}, \quad (7)$$

получим опять формулу (2). Итак, отождествляя тепло отопления с уменьшением потерь тепла через ограждения и внося соответствующую поправку в модуль c , можем рассчитывать режим помещения по прежним формулам. Модуль $c = 0$, когда потери тепла через ограждения полностью покрываются прибавочным теплом. При еще более интенсивном притоке тепла отопления величина c станет отрицательной. Эффект искусственного отопления может учитываться также как понижение величины c на $\Delta c =$

$$= \frac{w}{\Sigma A_0}.$$

Результаты расчета режима помещения приведены на диаграммах 3—14 в зависимости от модуля c , температуры помещения и температуры наружного воздуха при отн. влажности 90, 80 и 70%.

Изолинии относительной влажности получены методом интерполяции между результатами вычислений по точкам пересечений координат через каждые 5°C , в местах крутых поворотов — через каждые $2,5^\circ\text{C}$.

Температура помещения при данной погоде определяется интенсивностью обмена воздуха. Чем интенсивнее обмен воздуха, тем ближе к наружной температуре приближается внутренняя.

Температуры показаны на главных осях координат. Поэтому ось под углом 45° показывает температурный перепад T , который определяет количество свободного тепла на аэрацию ($\varepsilon - cT$). Это количество в свою очередь определяет обмен воздуха q , а также необходимый

для выполнения этого обмена модуль вытяжной способности трубы $m = \frac{1}{n\sqrt{T}} \left(\frac{\varepsilon}{T} - c \right) = \frac{1200}{\Sigma A_0} M \sqrt{\frac{H}{r}}$ (7)

Зная q , можем рассчитать абсолютную и относительную влажность воздуха помещения, а также содержание CO_2 .

Поскольку величина ε не является постоянной, а зависит от t_s , то линии равных величин q не остаются прямыми линиями.

Сказанное относится и к изолиниям содержания CO_2 в воздухе помещения. На диаграммах показана изолиния содержания CO_2 в $2,5 \text{ л/м}^3$, а также изолинии $q = 0,1; 0,2; 0,3$ и $0,4 \text{ кг/ккал}$, соответствующие обмену воздуха $72; 144, 216$ и $288 \text{ м}^3/\text{час}$ на одну дойную корову, выделяющую 900 ккал/час .

Чем интенсивнее обмен воздуха, тем сильнее охлаждается помещение и тем ближе приближается режим внутреннего воздуха к режиму наружного. При $T = 0$ обмен должен быть бесконечно большим и режим внутреннего воздуха должен стать тем же, что и наружного.

Практически же обмен воздуха ограничивается производительностью установок аэрации. На диаграммах показана граница соответствующая $m = 0,06$. Это является пределом, выше которого редко строятся вытяжные шахты. При $m = 0,06$ шахта на 100 дойных коров (по $A_0 = 900 \text{ ккал/час}$) имеет сечение $2,6 \text{ м}^2$ при длине 5 м (при $r = 1,75$). При десятиградусном температурном перепаде такая шахта обменивает $230 \text{ м}^3/\text{час}$ (при открытых окнах).

Если обмена воздуха не увеличивает ветер, то вытяжная шахта уже не может обеспечить режима, соответствующего точкам по левую сторону от линии $m = 0,06$.

Эта линия является, поэтому, пределом практически достижимого режима. С другой стороны пределом допустимости являются относительная влажность 85% и температура помещения $+6^\circ\text{C}$. Поле диаграммы, находящееся между названными пределами, соответствует, поэтому, зоотехнически приемлемому и практически достижимому режиму помещения при данных условиях. Для большей наглядности это поле помечено штриховкой.

Чем меньше величина модуля c , т. е. чем выше тепло-

изоляция здания и заселенность помещения, тем лучшим и гигиеничным будет режим.

Если обмен воздуха происходит только по гравитации через шахту с производительностью $m = 0,06$, то помещение, имеющее $c = 0,03$, вообще не может обеспечить приемлемого режима при φ_v выше 85%. Сказанное относится к любой температуре наружного воздуха: при t_v ниже $-2,2^\circ\text{C}$ не хватает тепла, а при более теплой погоде — производительности вытяжной шахты.

Подчеркиваем, что величины ϵ , принятые за основу диаграмм 3—14, были получены из результатов измерений, проведенных в коровниках при $\varphi_s = 70\text{—}90\%$. Эти диаграммы относятся поэтому только к помещениям этого вида.

Пример пользования диаграммами. Пусть требуется определить режим помещения при $t_v = -5^\circ\text{C}$ и $\varphi_v = 80\%$, если помещение имеет $c = 0,01$ и $m = 0,06$.

Согласно диаграмме рис. 10, температура помещения может в границах допустимой влажности колебаться между $t_s = 7$ и $9,7^\circ\text{C}$. В первом случае требуется полная мощность вытяжной шахты $m = 0,06$, чему при $T = 12^\circ\text{C}$ соответствует обмен воздуха $V = 188 \text{ м}^3/\text{час}$ на корову. Это снижает φ_s до 75%.

Температуре $t_s = 9,8^\circ\text{C}$ соответствует $T = 14,8^\circ\text{C}$ и $\varphi_s = 85\%$, для чего требуется обмен воздуха $q = 0,134$ и $V = 100 \text{ м}^3/\text{час}$ на корову. Обмен воздуха приходится при этом тормозить клапаном вытяжной шахты.

Степень теплоизоляции, необходимая для обеспечения заданного режима помещения при данных условиях наружного климата, легко определяется из приведенных диаграмм.

В случае крупного рогатого скота требуется по нормам, чтобы температура была выше 6°C и влажность ниже 85%. Величина c , обеспечивающая выполнение этих требований при данной наружной температуре показана на рис. 15. Для сравнения приведены графики также для внутренних температур 10 и 2°C . Помещение, имеющее $c = 0,01$, обеспечивает $t_s = 6^\circ\text{C}$ и $\varphi_s = 85\%$ при десятиградусном морозе (если $\varphi_v = 90\%$). Соответствующие предельные наружные температуры при некоторых типичных значениях c приведены в таблице 2.

Полностью заселенный четырехрядный коровник со стенами и перекрытием, имеющим $R_0 = 3$, имеет $c = 0,007$. Такое помещение обеспечивает $t_s = 6^\circ\text{C}$ еще при $t_v = -12,6^\circ\text{C}$; температура $t_s = 2^\circ\text{C}$ обеспечивается до $t_v = -17,9^\circ\text{C}$.

Для получения еще более низкой величины c , как правило, необходимо добавочное тепло (отопление, конденсация водяного пара, регенерация отходного тепла, брожение навоза или т. п.).

Если в коровнике, вмещающем 100 дойных коров ($\Sigma A_0 = 90\,000$), приток тепла отопления составляет 1 киловатт на градус температурного перепада (т. е. $\omega = 860$ ккал/град. час), то снижение величины c будет округленно 0,01.

Если например, помещение имело $c = 0,01$, то теперь $C = 0$, и $t_s = 6^\circ\text{C}$ и $\varphi_s = 85\%$ будут обеспечены при двадцатиградусном морозе. Тепло отопления составляет при этом 26 кв, т. е. округленно 23 000 ккал/час или 25% общего тепла, выделяемого животными. Это округленно соответствует всему количеству тепла испарения.

При недостаточной теплоизоляции или недостаточном обмене воздуха отн. влажность воздуха повышается до 100%, согласно расчету. В действительности же в таком случае внутренние поверхности наружных ограждений, температура которых ниже температуры воздуха, должны действовать как конденсаторы водяного пара.

Конденсация снижает влажность воздуха и освобождает соответствующее количество тепла испарения. Вследствие этого отн. влажность воздуха, температура которого всегда выше температуры ограждений, должна все же быть несколько ниже 100%. Такое состояние помещения создает нездоровые условия для скота и для здания.

Приведенная теория не учитывает факторов тепловой и влажностной инерции помещения.

ОБОЗНАЧЕНИЯ NOTATION

A_0	— выделяемое животным количество общего тепла, включая скрытое тепло парообразования. Total animal heat emitted by an animal kcal/h	ккал/час.
ΣA_0	— количество общего тепла, выделяемое всеми животными в помещении. Total animal heat	ккал/час.
A	— количество свободного тепла Sensible heat kcal/h	ккал/час.
B	— выделение водяного пара Inflow of water vapour g/h	г/час.
v	— разница в содержании водяного пара в воздухе. Difference in vapour content in air g/kg	г/кг
c	— модуль теплопотерь через ограждения (доля выделяемого животными количества общего тепла, которая теряется через ограждения на градус разницы температур T) Modulus of heat loss (portion of total animal heat lost per degree of difference of temperature) 1/° C	1/град.
d	— разница в содержании CO_2 Difference in CO_2 -content l/kg	л/кг
e	— приток водяного пара на ккал общего тепла, выделяемого животными Inflow of water vapour per kcal of total animal heat	г/кг
ε	— количество свободного тепла в долях от количества общего тепла, выделяемого животными. Portion of sensible heat.	ккал/ккал
F	— площадь ограждения Area m^2	m^2
φ_s	— относительная влажность внутреннего воздуха Rel. humidity inside p. с.	%

- φ_v — отн. влажность наружного воздуха %
Rel. humidity outside p. c.
- H — высота вытяжной трубы м
Height of exhaust shaft m
- i — приток CO_2 на ккал общего тепла г/ккал
Inflow of CO_2 per kcal of total animal heat
- k — коэффициент теплопередачи ограждения ккал/м² час. град.
Heat conductance kcal/m²h°C
- m — модуль производительности установок аэрации (обмен воздуха в кг на ккал общего тепла при $V/T = 1$). кг/ккал
Capacity of appliances for air exchange (exchange in kg per kcal at $V/T=1$)
- n — теплоемкость воздуха ккал/кг град.
Specific heat of air kcal/kg °C
- Q — обмен воздуха кг/час.
Air exchange kg/h
- q — обмен воздуха на ккал общего тепла, выделяемого животными кг/ккал
Kilograms of air exchanged per kcal of total animal heat
- r — коэффициент аэродинамического сопротивления 1/1
Coefficient of aerodynamic resistance
- t_s — температура помещения град.
Indoor temperature °C
- t_v — наружная температура град.
Outside temperature град.
- $T = t_s - t_v$
- W — количество тепла, получаемое от приборов отопления или регенерации ккал/час.
Inflow of artificial heat kcal/h
- $\omega = W : T$ — добавочный приток тепла на градус температурного перепада ккал/град. час.
Sensible heat added per degree of difference of temperature kcal/°C h

COMPUTATION OF TEMPERATURE AND HUMIDITY
CONDITIONS IN ANIMAL SHELTERS HEATED
WITH ANIMAL AND WITH ARTIFICIAL HEAT

L. Jürgenson

The computations are based on kcal of total animal heat, as a most universal parameter. The rate of air exchange is determined by the quantity of sensible heat available ($\varepsilon \Sigma A_0$). The latter is obtained by subtracting from the total heat (ΣA_0) the heat lost on evaporation $0,585B = (1 - \varepsilon)A_0$ and on conductance ($T \cdot \Sigma kF$).

The air exchange per kcal of total heat is given by formula 2. The thermal characteristics of the given barn is given by modulus c showing the portion of total animal heat lost per degree of difference of temperature. Knowing the inflow of water vapour and of CO_2 , the humidity and purity of indoor air can readily be computed (formulae 3. and 4.).

The inflow of vapour and its dependence on temperature is taken into account through the coefficient $\varepsilon = A : A_0$. The latter has been computed from results of air exchange, temperature and humidity measurements made in dairy barns in actual use. (Fig. 2).

The results of computations of indoor conditions are shown on diagrams 3—14, depending on c , t_s , t_v and rel. humidity of outside air. The indoor temperature depends on intensity of air exchange. The latter is shown in terms of q (kg/kcal) and V (the air exchange per $A_0 = 900$ kcal/h, i. e. per one productive dairy cow).

These diagrams apply only to dairy barns at relative humidities from 70 to 90 p. c.

The heat supplied by artificial heating differs from animal heat in that its production is not associated with inflow of vapour and gases. It must, therefore, be conside-

red as a reduction in conductance losses. As such it can be taken into account by simply changing the numerical value of c (formula 6).

The results of computations of indoor conditions also determine the requirements concerning the building and the appliances for air exchange which must be fulfilled in order to achieve the indoor conditions desired (Fig. 15 and table 2).

The capacity and dimensions of the exhaust shaft are determined from equation 7.

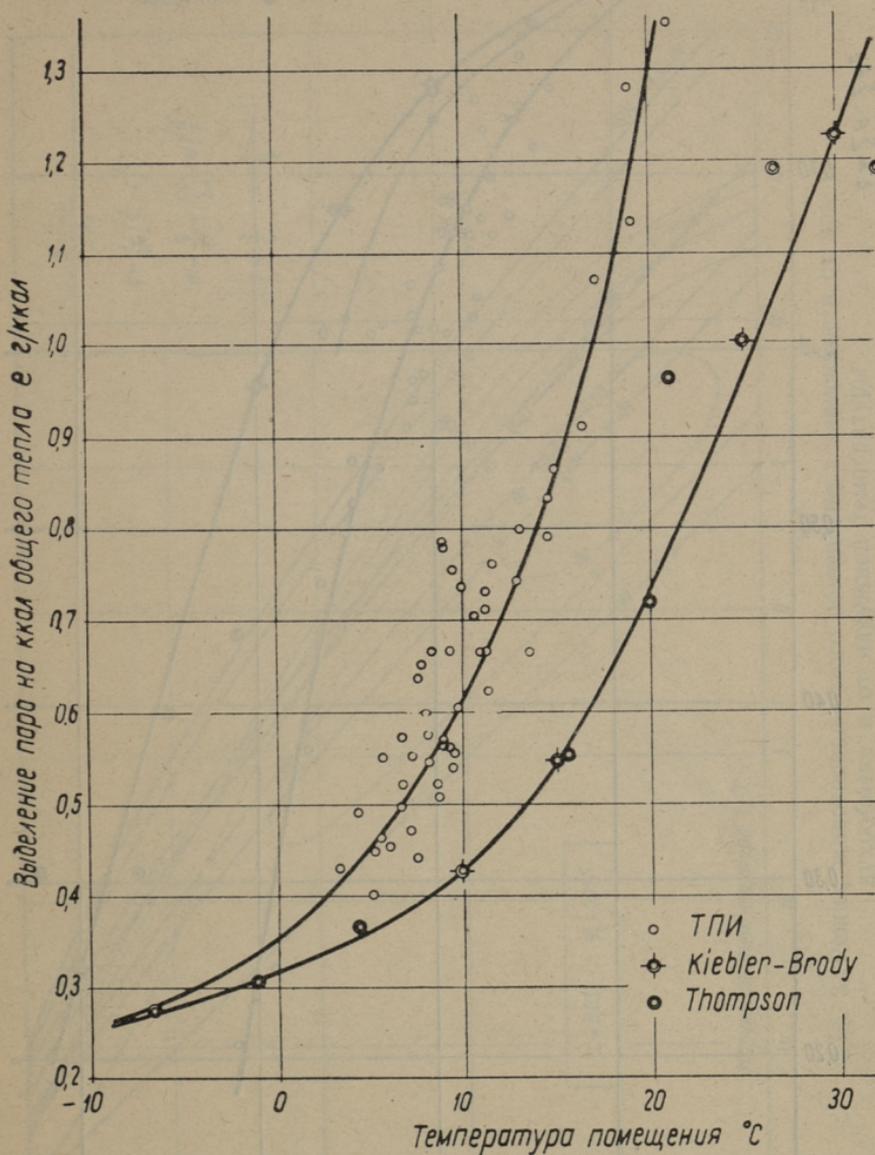


Рис. 1. Зависимость выделения водяного пара от температуры помещения (ТПИ). Правая кривая показывает выделение пара коровы.

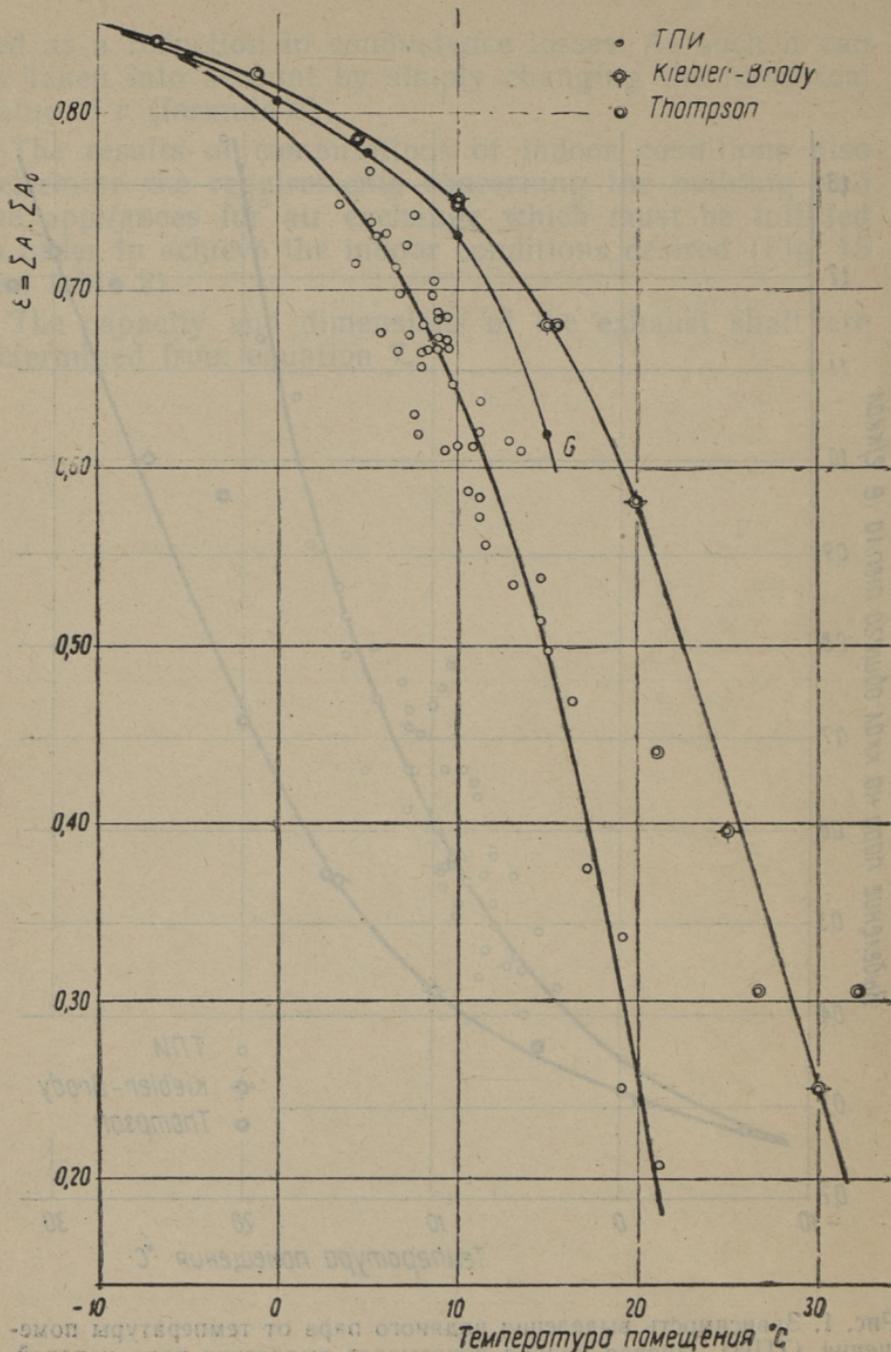


Рис. 2. Выделение свободного тепла в долях от общего в зависимости от температуры помещения. Правая кривая показывает эту зависимость в случае коровы.

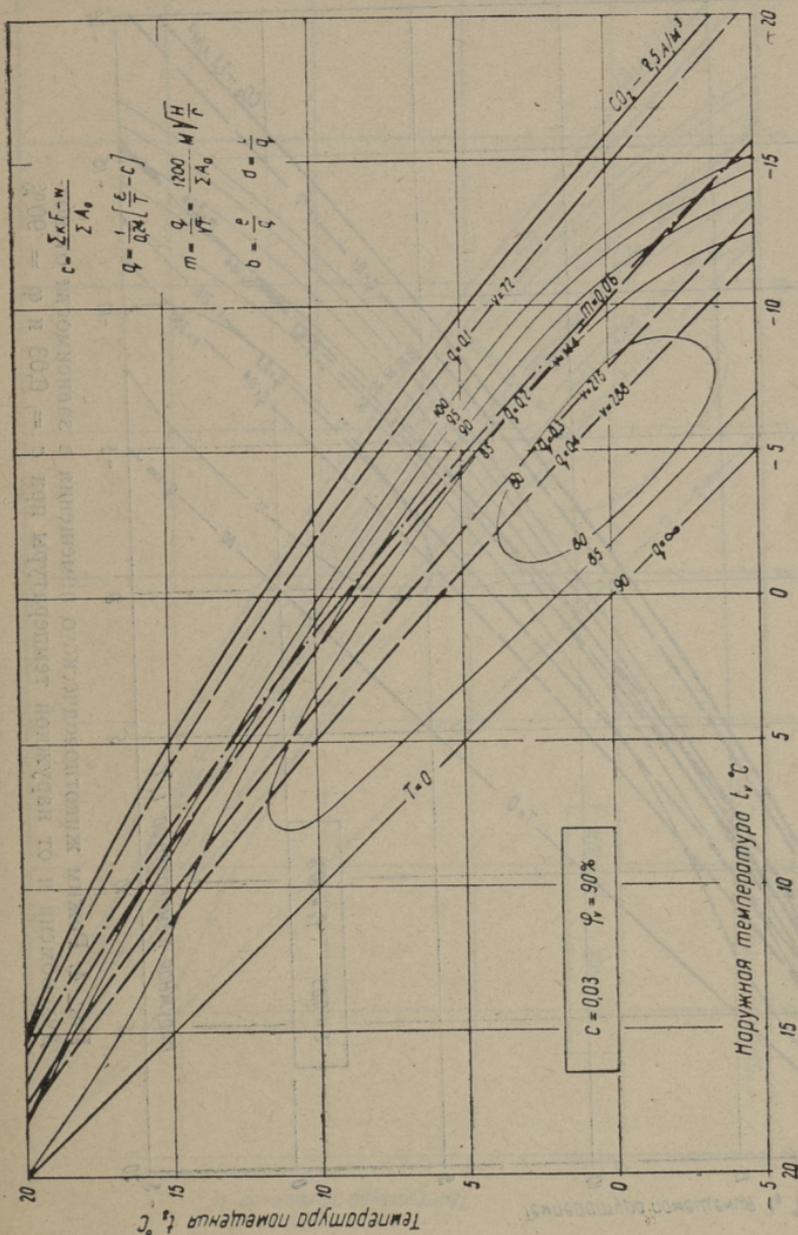


Рис. 3. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и от наружной температуры при $c = 0.03$ и $\varphi = 90\%$

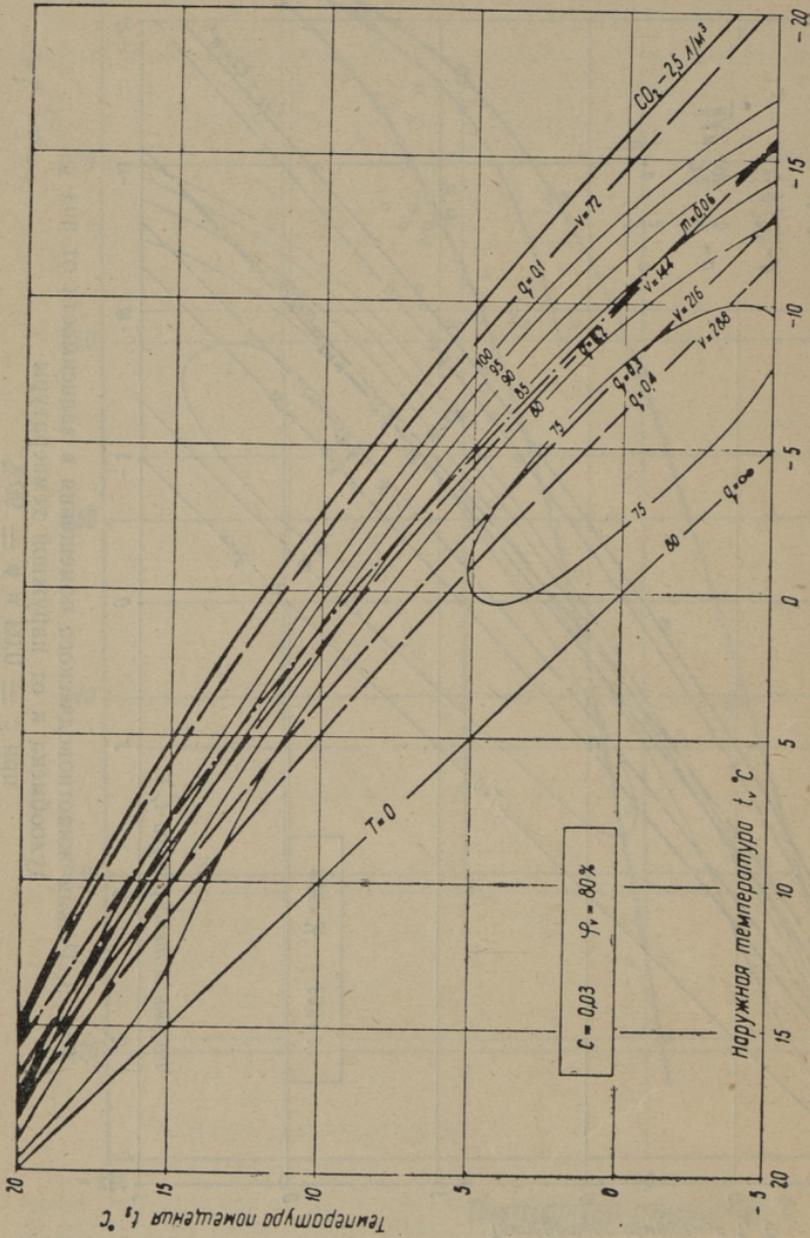


Рис. 4. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и от наружной температуры при $c = 0,03$ и $\varphi = 90\%$

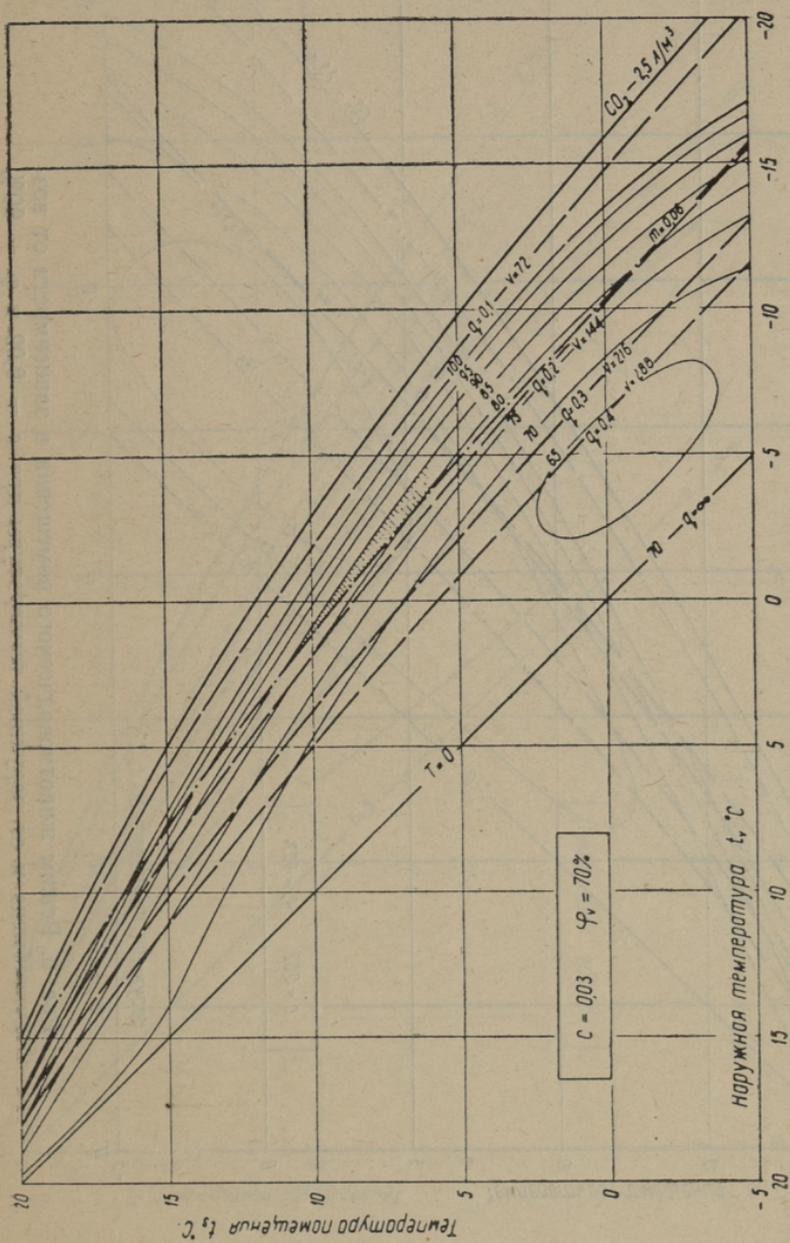


Рис. 5. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и от наружной температуры при $c = 0,03$ и $\varphi = 70\%$

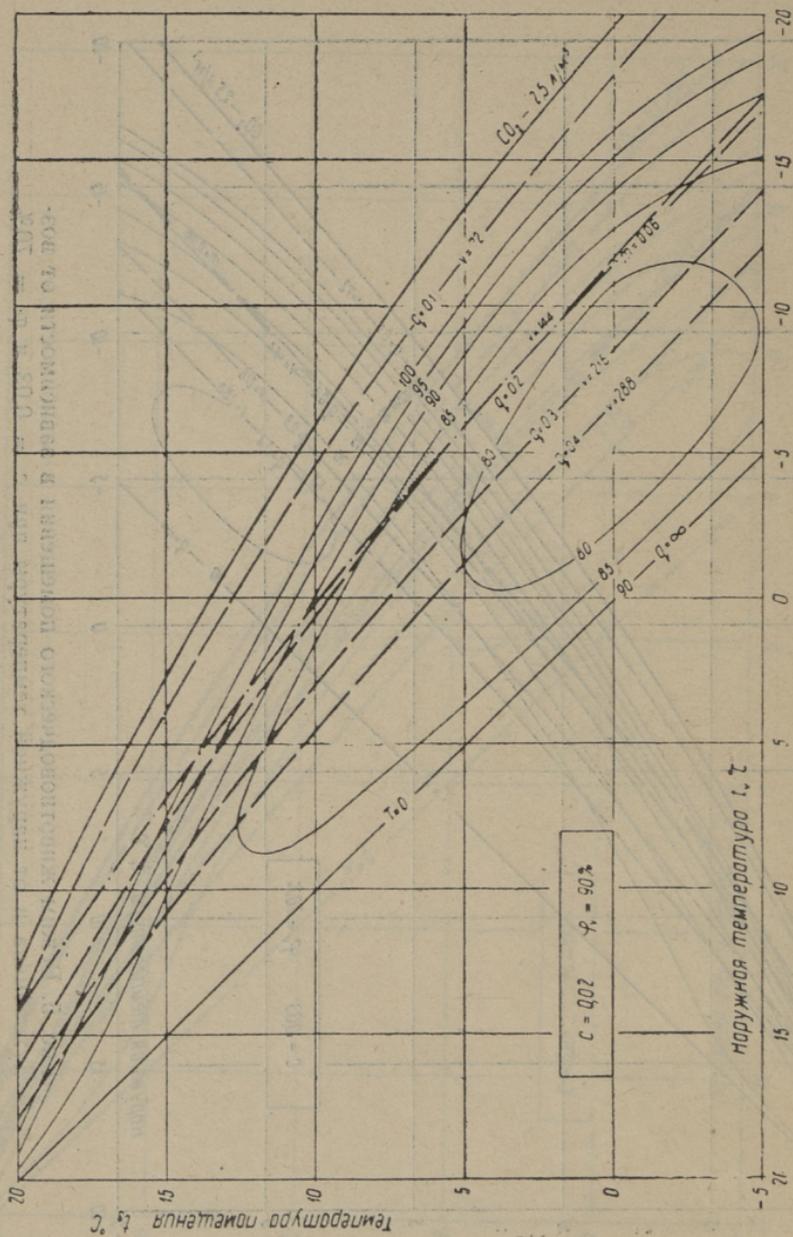


Рис. 6. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и от наружной температуры при $c = 0,02$ и $\varphi = 90\%$

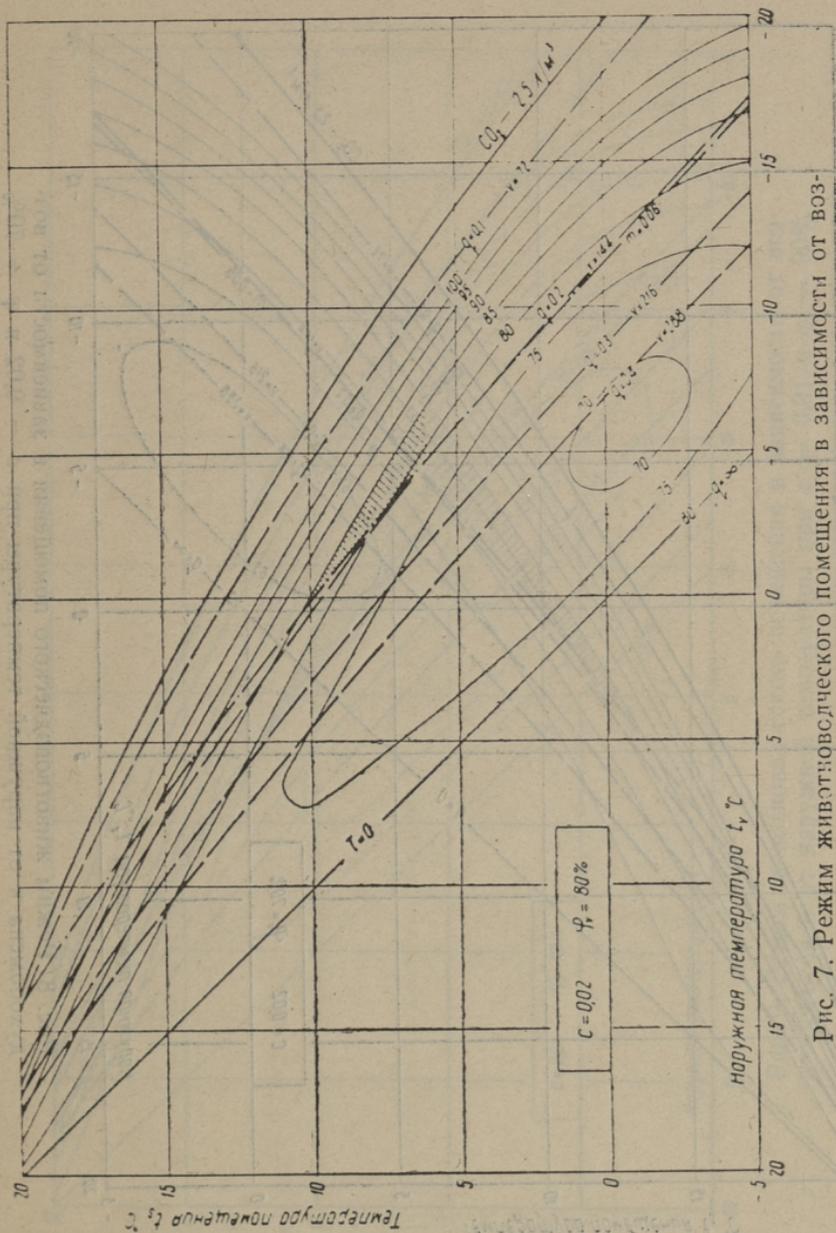


Рис. 7. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и от наружной температуры при $c = 0,02$ и $\varphi = 80\%$

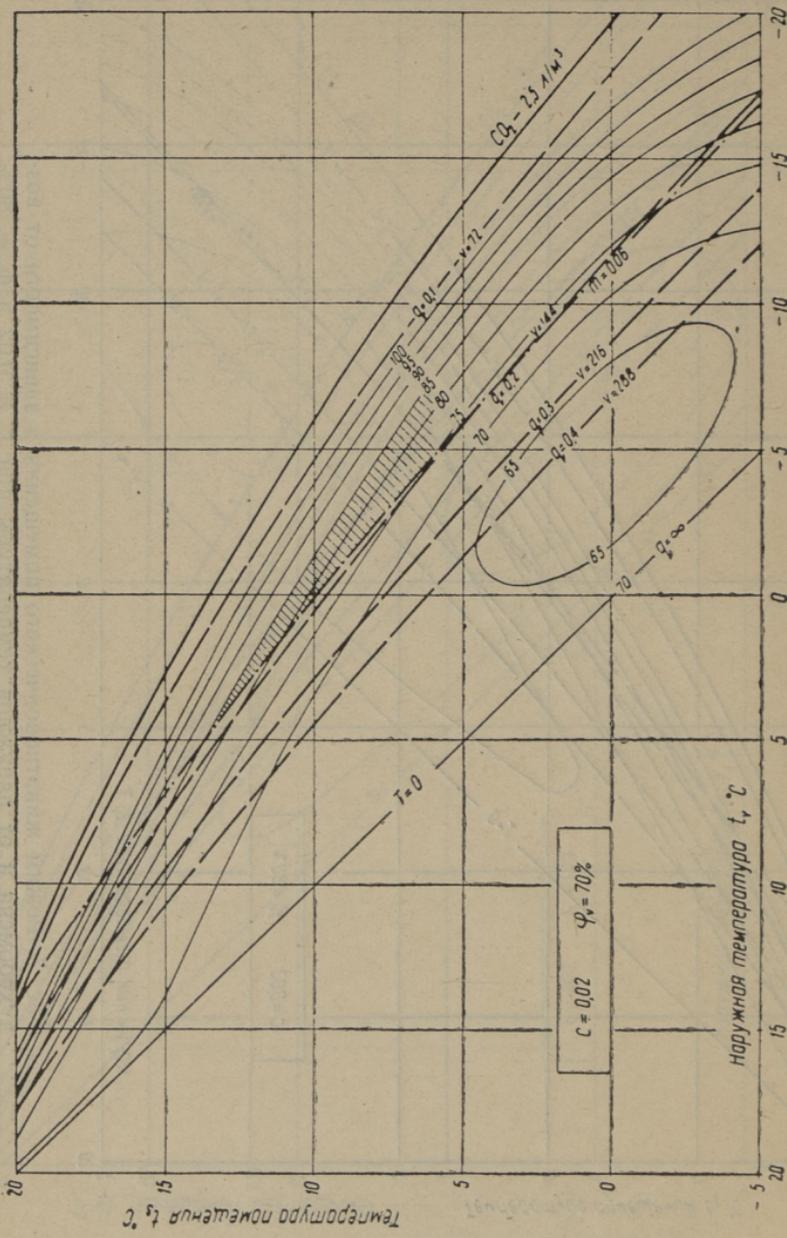


Рис. 8. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и от наружной температуры при $c = 0,02$ и $\varphi = 70\%$

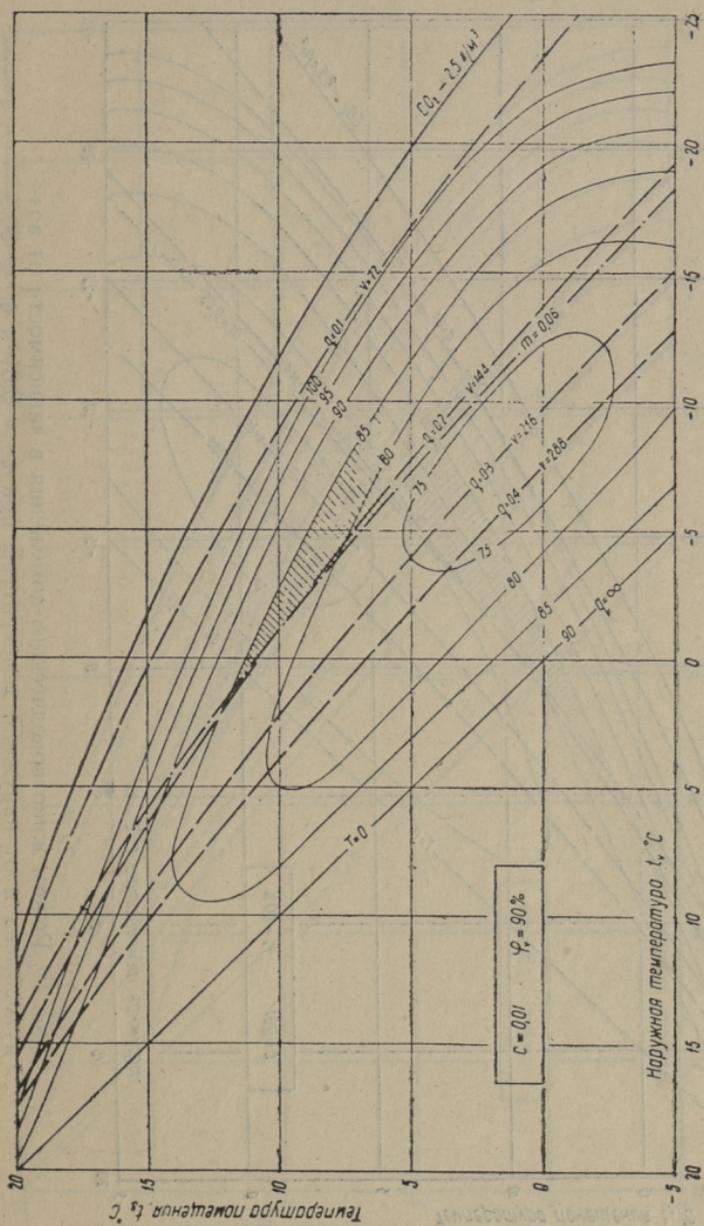


Рис. 9. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и от наружной температуры при $c = 0,01$ и $\varphi = 90\%$

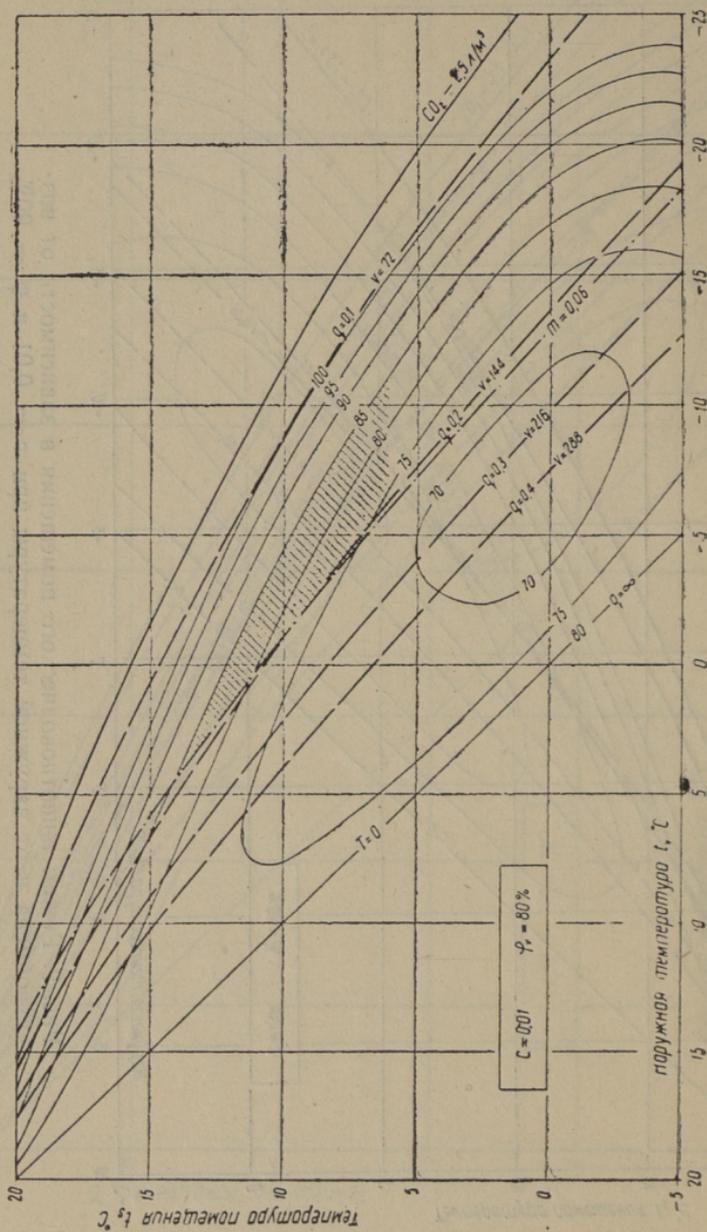


Рис. 10. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и от наружной температуры при $c = 0,01$ и $\phi = 80\%$

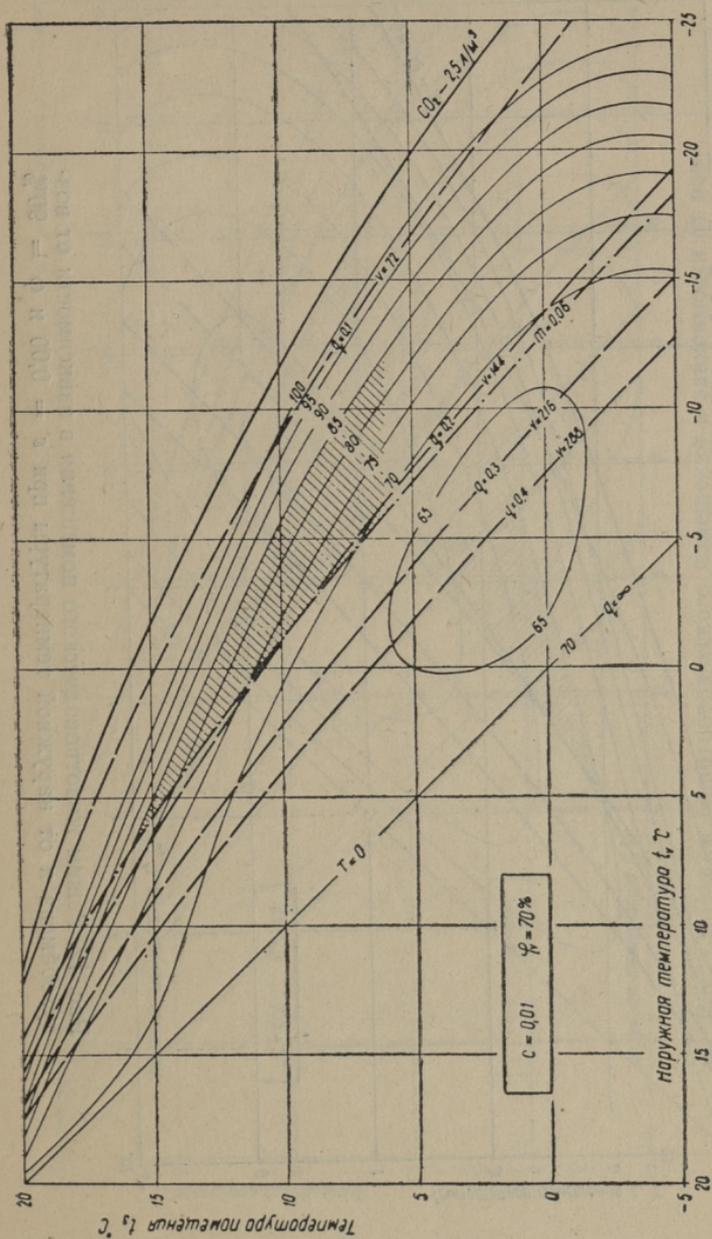


Рис. 11. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и от наружной температуры при $c = 0,01$ и $\phi = 70\%$

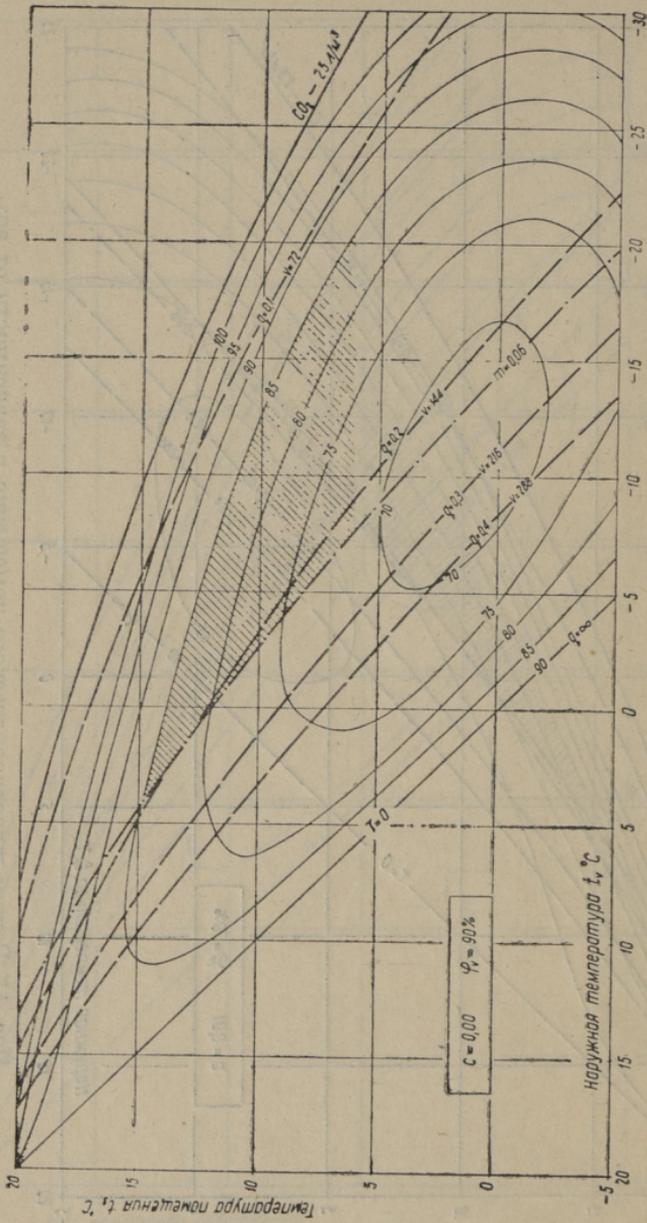


Рис. 12. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и от наружной температуры при $c = 0,00$ и $\phi = 90\%$

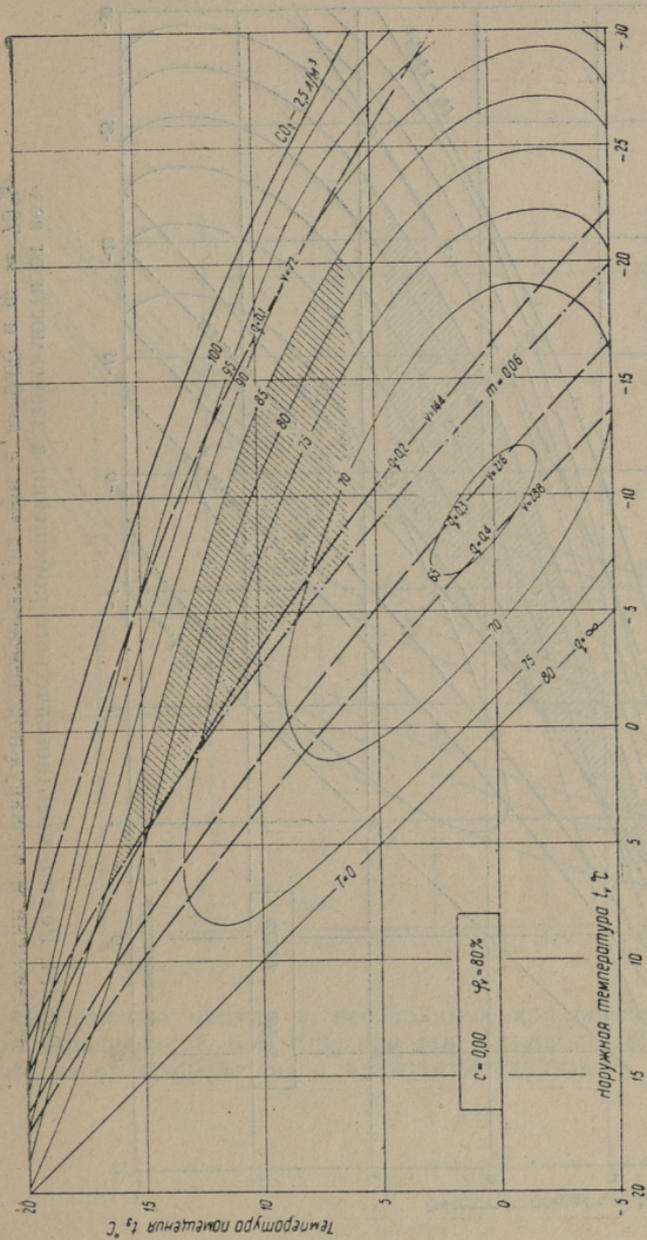


Рис. 13. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и от наружной температуры при $c = 0,00$ и $\phi = 80\%$

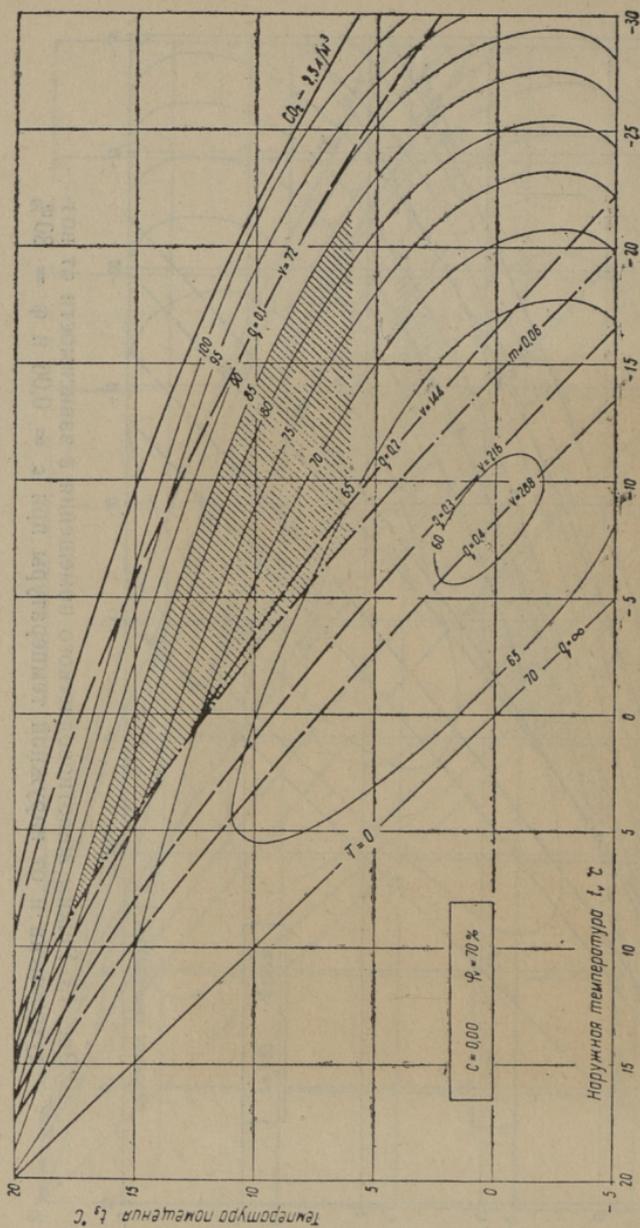


Рис. 14. Режим животноводческого помещения в зависимости от воздухообмена и от наружной температуры при $c = 0,00$ и $\phi = 70\%$

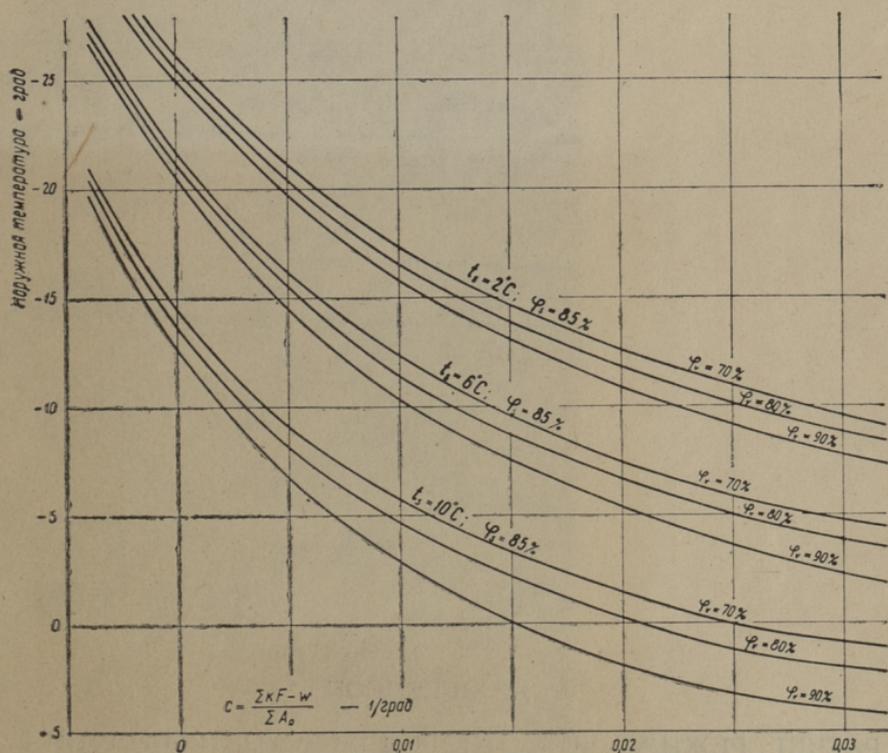
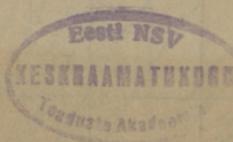


Рис. 15 Величина модуля c , необходимая для обеспечения температуры помещения $2, 6$ и $10^\circ C$ при отн. влажности 85% , в зависимости от температуры и влажности наружного воздуха.

СОДЕРЖАНИЕ

От автора	3
1. Выводы	3
2. Расчет режима животноводческого помещения	4
3. Обозначения. Notation	13
4. Summary in English	15



Л. К. ЮРГЕНСОН

РАСЧЕТ РЕЖИМА ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ С УЧЕТОМ ТЕПЛА ИСКУССТВЕННОГО ОТОПЛЕНИЯ

Таллинский Политехнический Институт

*

Редактор *Х. Отлоот*

Технический редактор *А. Тамм*

Корректор *В. Кикас*

Сдано в набор 13 VII 1960. Подписано к печати 22 IX 1960.
Бумага $54 \times 84^{1/16}$. Печатных листов 2,0. По формату 60×92 печат-
ных листов 1,64. Учетно-издательских листов 1,18. Тираж 600.
МВ-06548. Заказ № 2532. Типография «Юхисэлу», Таллин,
. ул. Пикк 40/42.

Цена 1 руб.

Цена 1 руб.

52