

УДК 629.113.8

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ВОЗДУХОВОДОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ

Драгуленко Владислав Владимирович
доцент, канд. техн. наук
SPIN-код: 2088-7914
e-mail vlad400@mail.ru
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар, РФ

Харитонов Виталий Владимирович
обучающийся группы АХ2132
e-mail kharitonov1404@mail.ru
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар, РФ

В статье представлена методика расчета воздухопроводов, выполненных из полиэтиленовой пленки, применяемых в системах вентиляции для животноводческих ферм. Проблема создания качественного микроклимата на фермах является актуальной, особенно в условиях увеличения плотности поголовья и усиления негативных эффектов неправильного воздухообмена. В работе рассматриваются аэродинамические особенности таких воздухопроводов, приводятся математические модели для расчета оптимальных параметров системы распределения воздуха. Описаны преимущества использования полиэтиленовых воздухопроводов, среди которых – простота изготовления, устойчивость к коррозии и значительное снижение затрат по сравнению с металлическими аналогами. Авторы предлагают методику определения геометрических параметров воздухопроводов с использованием формул гидравлического сопротивления и уравнения Бернулли. Работа направлена на снижение себестоимости производства и улучшение здоровья животных за счет создания оптимальных условий содержания

Ключевые слова: ВЕНТИЛЯЦИЯ, ВОЗДУХОВОДЫ, ПОЛИЭТИЛЕНОВАЯ ПЛЕНКА, ЖИВОТНОВОДСТВО, МИКРОКЛИМАТ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-202-038>

UDC 629.113.8

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

METHOD OF CALCULATION OF AIR DUCTS, MADE OF POLYETHYLENE FILM

Dragulenko Vladislav Vladimirovich
Senior lecturer
RSCI SPIN-code: 2088-7914
e-mail vlad400@mail.ru
FSAU HE Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Kharitonov Vitaly Vladimirovich
student of the AH2132 group
e-mail kharitonov1404@mail.ru
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар, РФ

The article presents a method for calculating air ducts made of polyethylene film used in ventilation systems for livestock farms. The problem of creating a high-quality microclimate on farms is relevant, especially in conditions of increased livestock density and increased negative effects of improper air exchange. The paper considers the aerodynamic features of such air ducts, and uses mathematical models to calculate the optimal parameters of the air distribution system. The advantages of using polyethylene ducts are described, among which are ease of manufacture, corrosion resistance and significant cost reduction compared with metal analogues. The authors propose a method for determining the geometric parameters of air ducts using the formulas of hydraulic resistance and the Bernoulli equation. The work is aimed at reducing the cost of production and improving animal health by creating optimal conditions for keeping

Keywords: VENTILATION, AIR DUCTS, POLYETHYLENE FILM, ANIMAL HUSBANDRY, MICROCLIMATE

В настоящее время, когда на Россию накладывают большое количество санкций очень важно повышение продуктивности сельскохозяйственных животных, для обеспечения молочной и мясной продукцией население

<http://ej.kubagro.ru/2024/08/pdf/38.pdf>

страны. Один из эффективных способов является создание благоприятного микроклимата на фермерских хозяйствах, где содержатся животные, такие как КРС (крупный рогатый скот), свинофермы или птицефермы. Добиться подходящего микроклимата можно достичь разными способами. Один из самых эффективных способов обустроить на ферме профессиональную вентиляцию (рисунок 1).

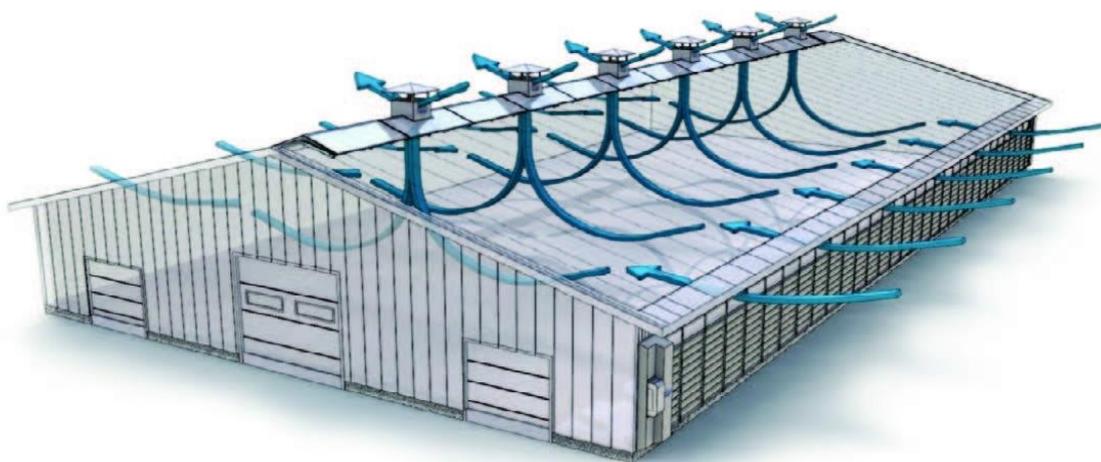


Рисунок 1. Естественная само приточная вентиляция.

Когда отсутствует вентиляция или работает неправильно по причине неверного расчета, находящиеся животные в закрытом душном помещении дышат воздухом, который имеет большую концентрацию испарений как от самих животных, от их продуктов жизнедеятельности и принимаемой пищи. Такое содержание вызывает негативные последствия для здоровья и продуктивности выращиваемого поголовья. Отсутствие свежего воздуха, наличие спертого и застоявшегося воздуха вызывает у поголовья ухудшение обмена веществ, повышается риск развития заболеваний и инфекций.

После установки вентиляции исчезают множество проблем. Улучшается микроклимат в помещениях для животных, что положительно сказывается на их здоровье и продолжительности жизни. Также наблюдается

увеличение полезной массы. В будущем происходит увеличение роста и продуктивности всех видов животных.

Установка вентиляции значительно позволяет экономить сельхозпроизводителю на лечении животных, на кормах, содержащих специальные добавки, ну и соответственно снижается падеж скота.

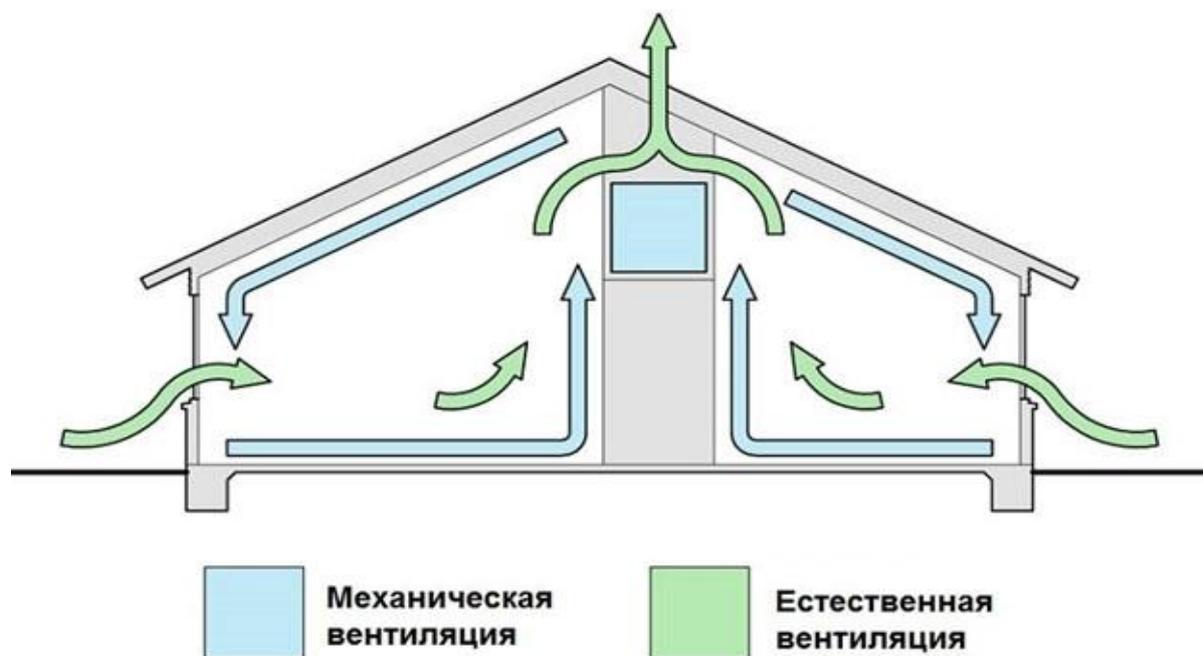


Рисунок 2. Виды вентиляций в помещениях ферм

В последние годы в большом промышленном производстве продукции животноводства наблюдается концентрация большого поголовья животных и птицы в помещениях. Таким способом хозяйства пытаются снизить затраты на свою продукцию и увеличивать прибыль. Процесс жизнедеятельности живых организмов сопряжен с газомолагодетловыделениями, концентрация которого при плотном содержании значительно повышается и портит микроклимат в замкнутом пространстве. Концентрация этих выделений в данном случае нерегулируемой воздушной среды может вызвать значительное снижение продуктивности и гибели животных, птицы.

Установлено, что отклонения параметров микроклимата от оптимальных значений могут привести к снижению удоев молока на 10...20%, отходу молодняка на 5...40%, уменьшению привесов животных на 20...30%, снижению яйценоскости птицы до 30%, перерасходу кормов до 25%. Высокая концентрация аммиака и сероводорода сокращает срок службы металлургического оборудования.

Для создания оптимального микроклимата недостаточно равномерно распределить по помещению свежий воздух, его еще необходимо в зависимости от наружных параметров соответственно обработать: подогреть, охладить, увлажнить и т.д.

Необходимо обеспечить на животноводческой ферме достаточную мощность вентиляции для выполнения функции тепловоздушного обмена.

Когда вентиляция эффективно обеспечивает циркуляцию воздуха в ферме, это помогает контролировать параметры воздуха и предотвращает образование застоявшихся участков с загрязненным воздухом. В зависимости от вида скота важно поддерживать соответствующий температурно-влажностный режим, подходящий для их условий жизни. Эти параметры могут сильно различаться; например, для свинофермы необходимо, чтобы объем воздухообмена в нижней зоне составлял не менее 50%, а для коровника – 30 %. При расчете и строительстве вентиляции необходимо помнить, что у молодняка и зрелых животных разные параметры температуры и влажности, поэтому, система вентиляции выполняется регулируемой, обязательно разделена на зоны расположения разных возрастов животных.

Необходимо учитывать при расчете вентиляции изменения климата в различные сезоны, когда в животноводческом помещении меняется микроклимат. Погодные условия существенно влияют на колебания тепла, влажности и уровня загрязненности воздуха в ферме, что сказывается на животных в зависимости от сезона. Например, на птицеферме при -25°C

повышенная влажность может быть опасной, а при положительных температурах – избыточное тепло.

Вентиляционные системы должны регулироваться в зависимости от сезона и характеристик животных, находящихся в помещении. Важно настраивать вентиляцию для создания оптимального микроклимата и уменьшения рисков для каждой группы животных. Основным способом управления температурой, влажностью и загрязненностью воздуха является контроль скорости циркуляции воздухообмена. Она различается для разных видов животных: например, для свиней в летний период рекомендуется скорость 0,3 м/с, а в зимний – в 2 раза меньше. В жаркие дни, когда температура превышает 25 °С, скорость может увеличиваться до 1 м/с. Это подчеркивает важность возможности регулирования воздушных потоков в зависимости от сезона при проектировании вентиляции.

Только при соответствии заданным требованиям возможна качественная вентиляционная система при производстве сельхоз продукции.

В последнее время в различных климатических зонах страны применяются централизованные, децентрализованные системы вентиляции и их комбинации с распределением обработанного воздуха по металлическим и полиэтиленовым воздуховодам. Воздуховоды, выполненные из полиэтиленовой пленки, по сравнению с металлическими имеют ряд преимуществ:

- простоту изготовления;
- химическую стойкость (нет коррозии от продуктов жизнедеятельности животных, в частности аммиака);
- легкость.

Наиболее одним из важных факторов преимущества такого воздуховода из полиэтилена - стоимость длины 1 м такого воздуховода в 15...20 раз ниже, а затраты труда на монтаж в 7 раз ниже аналогичного металлического воздуховода [5].

Однако для эффективной работы такой вентиляционной системы необходим правильный расчет. Для расчета воздуховодов равномерный попутной раздачи применяется известная методика проф. К.К. Баулина [3], однако определение геометрических размеров воздуховодов связано с рядом предварительных расчётов. Проф. Б.Н. Лобаев [4] упростил с определенными допущениями эту методику применительно к воздуховодам, выполненным из листовой стали, приняв величину коэффициента гидравлического сопротивления λ , соответствующую шероховатым трубам.

Поверхность полиэтиленовых труб имеет абсолютную шероховатость порядка 1...5 мкм, поэтому для их аэродинамического расчета следует принять значение коэффициента сопротивления по формуле Блазиуса [2]:

$$\lambda = 0,3164 \cdot Re^{-0,25}$$

Равномерная и попутная раздача воздуха из щели или из отверстий воздуховода, расположенных через 1 м, возможна в том случае, если статическое давление по всей длине воздуховода будет постоянным. Пренебрегая потерями на деление потока внутри воздуховода, запишем уравнение Бернулли для элементарной струйки с путевым расходом (рисунок 1):

$$P_{стII} + \rho \frac{V_{II}^2}{2g} = P_{стI} + \frac{V_I^2}{2g} \rho + h \quad (1)$$

где $P_{стI}$ и $P_{стII}$ – соответственно статические давления;

V_I и V_{II} – скорость воздуха в сечениях I и II.

Для круглых воздуховодов потери давления h равны

$$h = \int \lambda \frac{V_x^2}{2d_x g} \rho \cdot dx \quad (2)$$

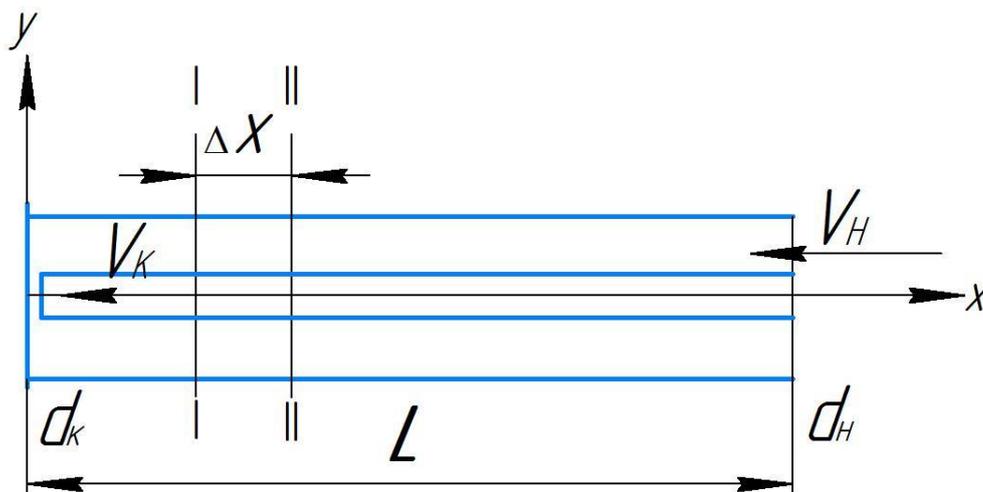


Рисунок 3. Расчётная схема

Учитывая, что

$$P_{cm_I} = P_{cm_{II}}; d_x = \sqrt{\frac{4Q_x}{3600 \cdot \pi \cdot V_x}}; Q_x = q_x L$$

(здесь Q_x – расход воздуха, м³/ч; q_x – удельный расход воздуха; L – длина воздуховода, м), уравнение (1) приведем к виду

$$V_{II}^2 - V_I^2 = 2,2 \int \frac{V_x^{2,375}}{q_x^{0,625} x^{0,625}} dx \tag{3}$$

После соответствующих преобразований уравнения (3) и при условии, что $V_I = V_H, V_{II} = V_K, x = L$ имеем

$$\frac{1}{V_K^{0,375}} - \frac{1}{V_H^{0,375}} = 1,1 \frac{L}{Q^{0,625}}$$

откуда

$$V_H = \left(\frac{Q^{0,625} \cdot V_K^{0,375}}{Q^{0,625} - 1,1L \cdot V_K^{0,375}} \right)^{2,67} \tag{4}$$

Скорость движения воздуха в конце воздуховода принимают из условия $V_K \leq V_0$, где V_0 – скорость истечения воздуха из щели или приточного отверстия. В свою очередь выбор величины V_0 определяется допустимой

величиной скорости V_{Π} движения воздуха в зоне, где находятся животные и птицы.

Учитываем известный закон измерения средней скорости струи на основном участке [1]:

для осесимметричной струи

$$V_{\Pi} = V_0 \left(\frac{0,48}{\frac{aH}{d_0} + 0,145} \right) \quad (5)$$

для плоской (щелевидной) струи

$$V_{\Pi} = V_0 \left(\frac{0,848}{\sqrt{\frac{aH}{b_0}} + 0,205} \right) \quad (6)$$

где a – коэффициент турбулентной струи;

H – расстояние по вертикали от приточного отверстия (щели) до животного (без учёта настильности потока), м;

d_0 – диаметр приточного отверстия, м;

b_0 – ширина продольной щели, м.

Произведем соответствующие преобразования и, учитывая, что

$$d_0 = \sqrt{\frac{4q_x}{3600\pi \cdot V_0}} \quad \text{и} \quad b_0 = \frac{Q}{3600\pi \cdot V_0}$$

найдем из уравнений (5) и (6) значение начальной скорости истечения из:

а) отверстия

$$V_0^2 - V_0 \left(2V_H + 60,5 \frac{H^2 V_{\Pi}^2}{g} \right) + 0,09 V_{\Pi}^2 = 0 \quad (7)$$

б) щели

$$216L \cdot V_0^2 + V_0(Q - 1210V_{\Pi} \cdot L) - QV_{\Pi} = 0 \quad (8)$$

Начальный и конечный диаметры воздуховода определяем из выражения

$$d_H = \sqrt{\frac{4Q}{3600\pi \cdot V_H}} \quad (9)$$

Диаметр в конце щелевого воздуховода

$$d_K = \sqrt{\frac{4q_x}{3600\pi \cdot V_K}} \quad (10)$$

воздуховода с приточными отверстиями

$$d'_K = \sqrt{\frac{4Q}{3600\pi \cdot n \cdot V_K}} \quad (11)$$

где n – число отверстий.

Полные потери давления в воздуховоде находим из выражения:

$$P_{\Pi} = \left(\frac{V_H^2 - V_K^2}{2g} \right) \rho + \xi \frac{V_0^2}{2g} \rho \quad (12)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления выходу потока из щели (отверстия) воздуховода.

Предложена методика определения геометрических размеров воздуховодов, выполненных из полиэтиленовой плёнки, для попутной и равномерной раздачи воздуха по известным значениям Q , L и V_{Π} . Такая система значительно снизит себестоимость вентиляции помещения, что уменьшит затраты на произведенную продукцию.

Правильно спроектированная система вентиляции приводит к сокращению излишек тепла и влаги, что, в свою очередь, позволит снизить негативную реакцию скота на загрязненный воздух и тепловой стресс. Поэтому очень важно поддерживать в коровниках сухой и чистый воздух при умеренной температуре.

Литература

- 1.Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. – М., Физмат, 1960.
- 2.Гинзбург И.П. Теория сопротивления и теплопередачи. Изд-во Ленинградского университета, 1970.
- 3.Каменев П.Н. Отопление и вентиляция. – М., Стройиздат, 1964.
- 4.Лобаев Б.Н. Промышленная вентиляция. – М., МДНТП, 1967.
- 5.Рекомендация по изготовлению воздуховодов из полиэтиленовой пленки для животноводческих ферм. – М., 1974.

References

1. Abramovich G.N. Teoriya turbulentny`x struj. – M., Fizmat, 1960.
2. Ginzburg I.P. Teoriya soprotivleniya i teploperedachi. Izd-vo Leningradskogo universiteta, 1970.
3. Kamenev P.N. Otoplenie i ventilyaciya. – M., Strojizdat, 1964.
4. Lobaev B.N. Promy`shlennaya ventilyaciya. – M., MDNTP, 1967.
5. Rekomendaciya po izgotovleniyu vozduxovodov iz polie`tilenovej plenki dlya zhivotnovodcheskix ferm. – M., 1974.