

<https://moluch.ru/archive/115/30510/> (data obrashcheniia: 20.01.2024).

2. Lekanov, S.V. K voprosu klassifikatsii sposobov ochistki reshet zernoochistitelnykh mashin / S.V. Lekanov, N.I. Strikunov, A.A. Khizhnikov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – No. 6 (92). – S. 91-94.

3. Strikunov, N.I. K voprosu zabivaemosti otverstii tsentrobeznykh reshet / N.I. Strikunov, B.T. Tarasov, S.V. Lekanov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2003. – No. 1. – S. 34-35.

4. Orobinskii, V.I. Vliianie razmerov iacheiki i tipa ochistitelia ploskikh reshet na effektivnost ikh raboty / V.I. Orobinskii, A.S. Kornev // Vestnik agrarnoi nauki Dona. – 2018. – No. 3 (43). – S. 56-61.

5. Sovershenstvovanie konstruksii sharikovoii ochistki reshet / V.I. Orobinskii, A.Iu. Cheremisinov, A.A. Sundeev, A.S. Kornev // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – No. 2 (33). – S. 126-128.

6. Lapshin, P.N. Primenenie antirezonsnykh kolebaniy dlia ochistki reshet ot zastriavshikh chastits v protsessakh separatsii zerna / P.N. Lapshin, G.I. Amosov, N.P. Lapshin // Vestnik Kurganskoii GSKhA. – 2016. – No. 2. – S. 71-73.

7. Kurinnaia, N.O. Povyshenie effektivnosti separatsii zerna krugovymi kolebaniiami reshet v

rezhime samoochistki otverstii ot zastriavshikh chastits: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk / N.O. Kurinnaia. – Cheliabinsk, 2009. – 22 s.

8. Alferov, S.A. Vozdushno-reshetnye ochistki zernouborochnykh kombainov / S.A. Alferov. – Moskva: Agropromizdat, 1987. – 160 s.

9. Muratov, D.K. Otnositelnoe peremeshchenie komponentov zernovogo materiala po lepestkam zhaliuzi zhaliuziinogo resheta / D.K. Muratov // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2012. – T. 12. – No. 7 (68). – S. 115-119.

10. Sorochenko, S.F. Issledovanie dvizheniia komponentov zernovogo vorokha po reshetu zernouborochnogo kombaina pri uborke zernovykh kultur na sklonakh // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – No. 8 (142). – S.162-168.

11. Chuklin N.M., Zagorodnikov A.I., Sorochenko S.F. K voprosu separatsii zerna na lamelnom reshete bez ispolzovaniia vozdushnogo potoka // Nauka i molodezh: materialy XVII Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh (01-05 iunია 2020 goda, g. Barnaul): v 8 ch. / AltGTU im. I.I. Polzunova. – Elektron. tekstovye dan. (1 fail: 2,6 MB). – Barnaul: Izd-vo AltGTU, 2020. – Ch. 4. – S. 59-62. – Rezhim dostupa: https://journal.altstu.ru/konf_2020/2020_1/48.



УДК 62-531.3

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-236-6-101-108

**И.Ю. Игнаткин, Н.А. Шевкун, Д.М. Скороходов,
М.Н. Бобров, С.П. Казанцев, О.М. Мельников**
I.Yu. Ignatkin, N.A. Shevkun, D.M. Skorokhodov,
M.N. Bobrov, S.P. Kazantsev, O.M. Melnikov

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДЕЛИ ВЫРАВНИВАЮЩЕГО АППАРАТА ВЕНТИЛЯТОРА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУИ ПРИТОЧНОЙ ВОЗДУХА

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE FAN EQUALIZING DEVICE MODEL ON THE SUPPLY AIR JET DISTRIBUTION

Ключевые слова: вентиляция, микроклимат, регуляция тепла, корректировка направления вектора.

Параметры микроклимата существенно влияют на сохранность и продуктивность животных. Проектирование систем микроклимата производится по усредненным показателям. В процессе эксплуатации важно, чтобы в зоне обитания животных и по всей площади их

содержания параметры микроклимата имели оптимальные параметры. С экономической точки зрения наиболее оптимальными являются системы струйной вентиляции. Проведенный анализ систем струйной вентиляции свиноводческих помещений показал, что существующие конструкции обеспечивают средние показатели микроклимата по объему помещения, но в отдельных боксах и по высоте помещения могут сильно изменяться. На основании этого возникла необо-

димось исследовать влияние выравнивающего аппарата в конструкции приточного вентилятора системы микроклимата свиноводческого помещения на распределение приточной струи. Для решения поставленной задачи была разработана и изготовлена конструкция выравнивающего аппарата приточного вентилятора. Проведенные теоретические расчеты показали, что ключевым фактором, влияющим на параметры струи, является безразмерный коэффициент турбулентности. Опытные исследования функционирования предложенного выравнивающего аппарата показали снижение турбулентности приточной струи, ее выравнивание, уменьшение угла конусности струи на начальном участке практически в 2 раза до 34°, увеличение дальности распространения на 54%.

Keywords: *ventilation, microclimate, heat recovery, vector direction correction.*

Microclimate parameters significantly affect animal survival and productivity. The design of microclimate systems is carried out according to the averaged indices. In the

process of operation, it is important that the microclimate parameters have optimal parameters in the zone of animal housing and throughout the area of their management. From economic point of view, jet ventilation systems are the most optimal ones. The analysis of the jet ventilation systems of swine houses showed that the existing structures provide average microclimate indices in terms of the volume of the room, but in individual boxes and in terms of the height of the room may vary greatly. Based on this, it became necessary to investigate the influence of the equalizing device in the design of the supply fan of the swine house microclimate system on the supply air jet distribution. To solve the problem, the design of the equalizing device of the supply fan was developed and manufactured. Theoretical calculations have shown that the key factor affecting the jet parameters is the dimensionless turbulence coefficient. Experimental studies of the operation of the proposed equalizing device showed a decrease in the turbulence of the inflow jet, its alignment, a decrease in the taper angle of the jet in the initial section almost 2 times to 34°, an increase in the range by 54%.

Игнаткин Иван Юрьевич, д.т.н., доцент, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: ignatkin@rgau-msha.ru.

Шевкун Николай Александрович, к.с.-х.н., доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: energo-shevkun@rgau-msha.ru.

Скороходов Дмитрий Михайлович, к.т.н., доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: d.skorokhodov@rgau-msha.ru.

Бобров Максим Николаевич, магистрант, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: maksimbobrov190@gmail.com.

Казанцев Сергей Павлович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: smdm@rgau-msha.ru.

Мельников Олег Михайлович, к.т.н., доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: melnikov@rgau-msha.ru.

Ignatkin Ivan Yurevich, Dr. Tech. Sci., Prof., Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation, e-mail: ignatkin@rgau-msha.ru.

Shevkun Nikolay Aleksandrovich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation, e-mail: energo-shevkun@rgau-msha.ru.

Skorokhodov Dmitriy Mikhaylovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation, e-mail: d.skorokhodov@rgau-msha.ru.

Bobrov Maksim Nikolaevich, master's degree student, Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation, e-mail: maksimbobrov190@gmail.com.

Kazantsev Sergey Pavlovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Head of Chair, Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation, e-mail: smdm@rgau-msha.ru.

Melnikov Oleg Mikhaylovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation, e-mail: melnikov@rgau-msha.ru.

Введение

Наука и технологии неустанно развивают средства реализацией генетического потенциала животных. Повысить сохранность поголовья и его продуктивность возможно путем создания оптимальных условий микроклимата для их содержания. В ряде исследований установлено, что эти мероприятия позволяют сохранить до 30% поголовья [1-3].

При проектировании сооружений для содержания животных системы микроклимата зачастую рассчитывают по усредненным значениям, что, с одной стороны, позволяет снизить затраты на проектирование, а с другой, в процессе эксплуатации системы требуемые режимы ее функционирования не будут обеспечиваться в полной мере. Довольно важным фактом, влияющим на состояние животных, является равно-

мерность значения показателей микроклимата по всей площади их содержания [4, 5].

Для обеспечения существенных воздухообменов в свинарниках, необходимых для поддержания параметров микроклимата в требуемых жестких диапазонах, применяют системы струйной вентиляции, в ряде конструкций которых имеется возможность утилизировать теплоту вытяжного воздуха, тем самым повышая энергоэффективность функционирования системы [6-10].

Представленное противоречие требований на этапах строительства и эксплуатации сводится к снижению капитальных затрат на проектирование и приобретение систем отопления и вентиляции, с последующим увеличением эксплуатационных расходов. Сравнительно простые системы вентиляции и методы проектирования обеспечивают необходимые средние показатели микроклимата по объему свинарников, но могут сильно варьировать показателями в отдельных боксах и по высоте помещения.

Переходя от уровня средних показателей к локальному микроклимату, становится очевидным влияние объемно-планировочных решений по распределению приточно-вытяжных элементов систем, а также характера распространения струй приточного воздуха.

Наиболее ярко этот эффект можно проиллюстрировать на примере закрученных и выровненных струй [11, 12].

Цель исследования – изучить влияние модели выравнивающего аппарата в конструкции приточного вентилятора на распределение струи приточного воздуха при функционировании системы микроклимата животноводческого помещения.

Результаты и обсуждение

Применяемые в конструкциях систем струйной вентиляции осевые вентиляторы формируют закрученный турбулентный поток воздуха, истекающий с лопаток крыльчатки вследствие участия воздушных масс в одновременном вращательном и поступательном движениях. Поступающий в помещение воздух, истекающий с лопаток вентилятора, формирует затопленную свободную струю, которая, постепенно расширяясь в конечном итоге, рассеивается в воздушных массах помещения [13]. На начальном участке струи скорость по оси постоянна, а на основном начинает затухать (рис. 1а). Причем в закрученных струях центробежное ускорение

усиливает процесс раскрытия и рассеивания струи пропорционально квадрату угловой скорости (рис. 1а), что в конечном итоге приводит к быстрому затуханию струи.

Быстрое затухание приточной струи приведет к неравномерному распределению приточного воздуха по объему помещения, что в конечном итоге будет формировать области с избыточно пониженной температурой и наличием сквозняков и области с повышенными значениями температуры (участки струйной, струйно-диффузной вентиляции и застойная зона) (рис. 1а). В среднем по помещению требуемые параметры микроклимата будут выдерживаться, но животные будут находиться в помещении не совсем в комфортных условиях из-за неравномерности температур.

Решить эту проблему было предложено за счет увеличения дальности распространения истекающей приточной струи воздуха путем преобразования кинетической энергии ее вращения в поступательное движение вдоль оси распространения за счет выравнивания с помощью выравнивающего аппарата, установленного на приточном вентиляторе (рис. 1б).

Для этого был разработан и изготовлен образец выравнивающего аппарата (рис. 2).

Проведение экспериментальных исследований разработанного выравнивающего аппарата проходило на модели рекуперативной теплоутилизационной установки (рис. 3), состоящей из рекуперативного теплообменника, приточного и вытяжного вентиляторов. Корпус с выравнивающим аппаратом монтировался на приточном вентиляторе.

Определение параметров распространения струи приточного воздуха при работе приточного вентилятора теплоутилизационной установки проводилось в серии опытов без выравнивающего аппарата и с ним. В опытах фиксировались дальность истечения струи, угол отклонения струи от горизонтальной оси и угол конуса воздушной струи на различных участках. Опыты проводились при температуре воздуха в помещении 16°C, влажности – 55%. Скорость создаваемого приточным вентилятором воздушного потока составляла 1,5 м/с.

Визуализация формирования приточной струи обеспечивалась с помощью генератора дыма. Для определения параметров распространения струи осуществлялась ее фотофиксация. Полученные результаты приведены на рисунках 3 и 4.

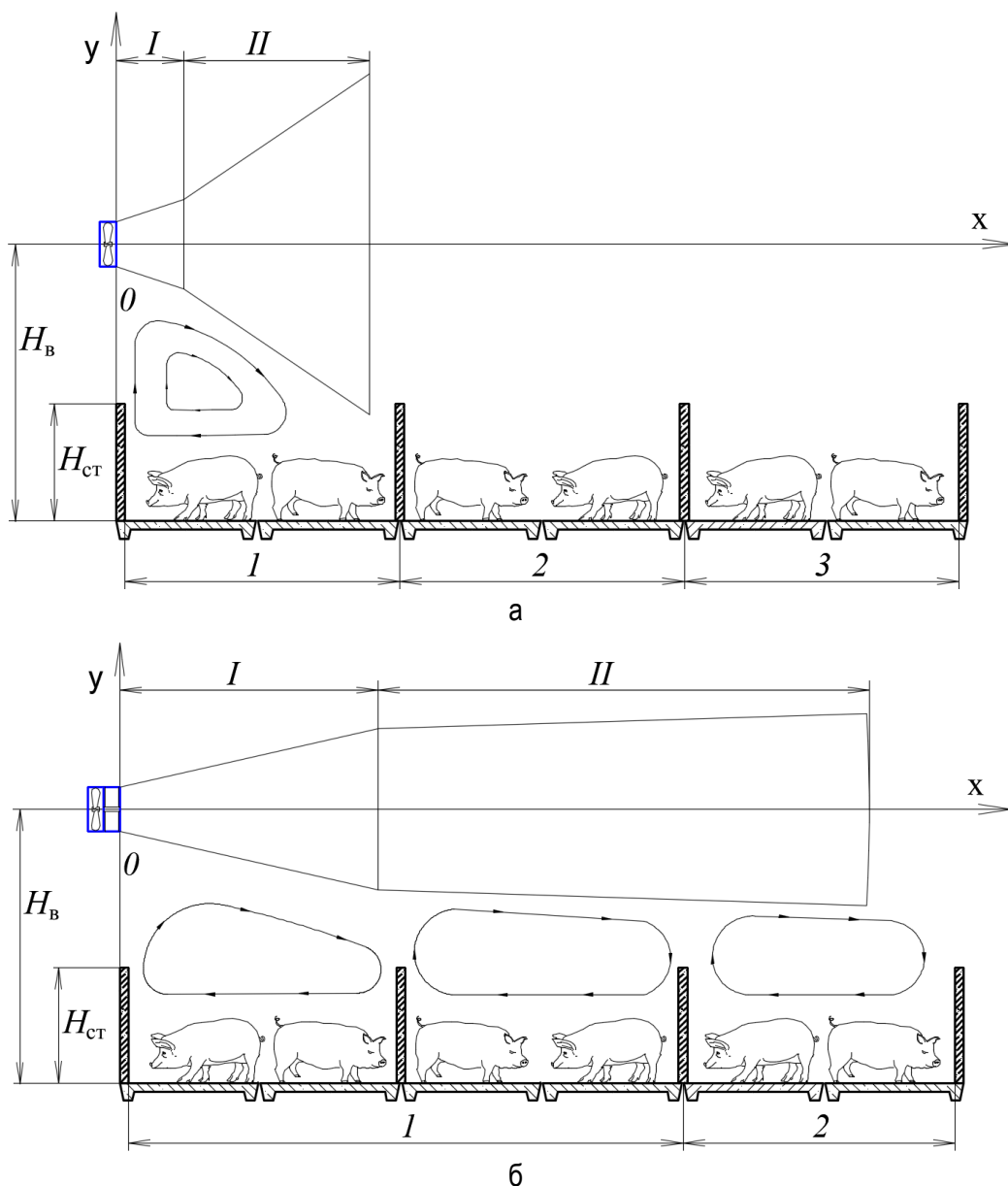


Рис. 1. Схема затопленной свободной турбулентной струи:
 а – закрученная, б – выровненная; I – начальный участок, II – основной участок;
 1 – участок струйной вентиляции, 2 – участок струйно-диффузионной вентиляции;
 3 – застойная зона

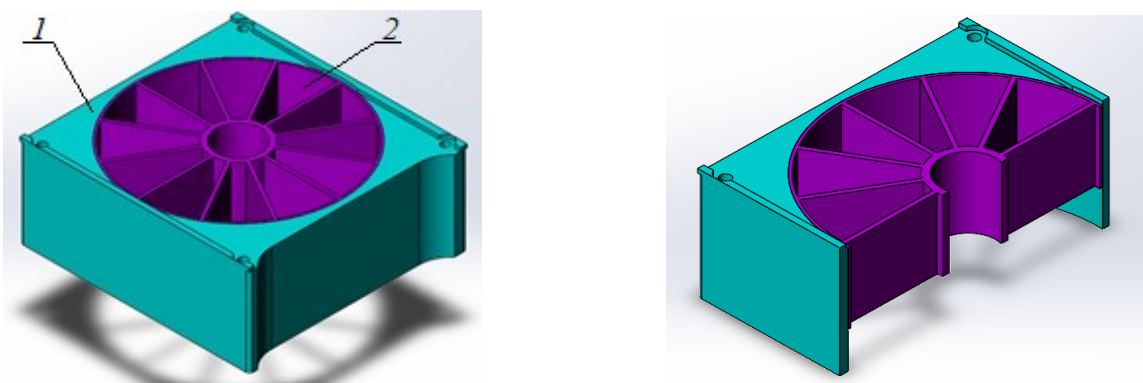


Рис. 2. Модель выравнивающего аппарата:
 1 – корпус выравнивающего аппарата; 2 – выравнивающий аппарат

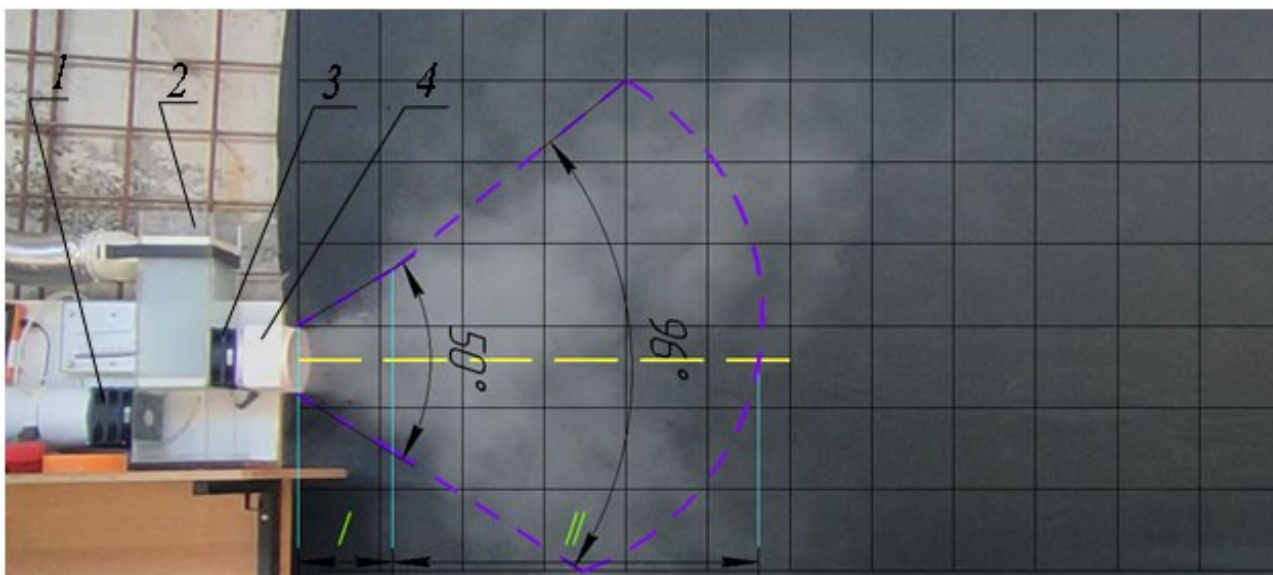


Рис. 3. Параметры распространения приточной струи без выравнивающего аппарата:
 1 – вытяжной вентилятор, 2 – теплообменник, 3 – приточный вентилятор,
 4 – корпус выравнивающего аппарата;
 I – начальный участок длиной $l_{оп}$ и диаметром струи в конце участка $D_{хон}$, II – основной участок

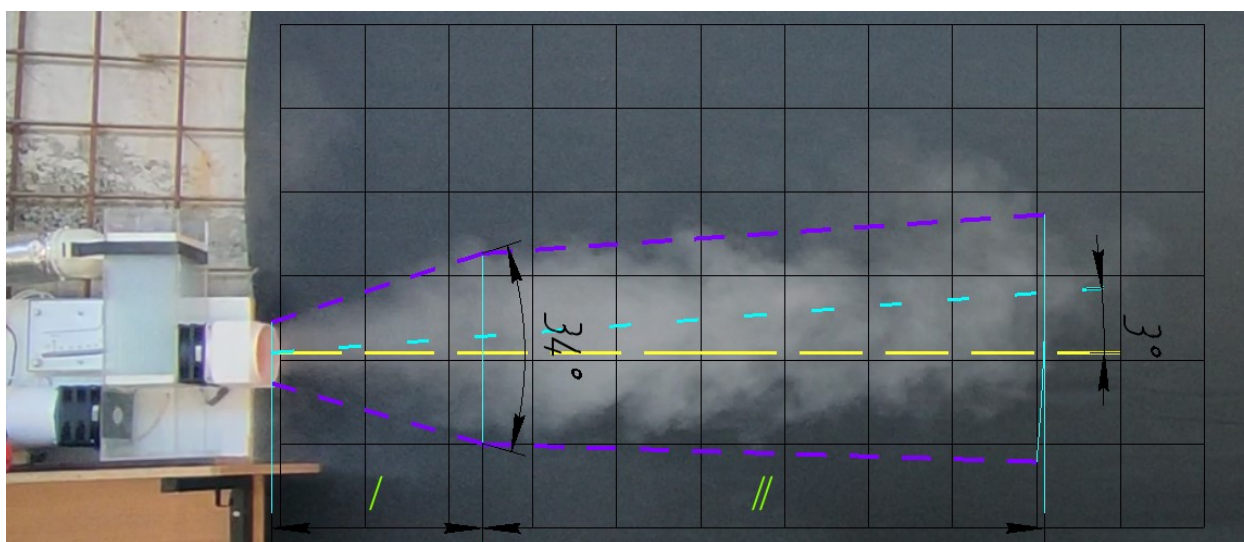


Рис. 4. Параметры распространения приточной струи с выравнивающим аппаратом:
 I – начальный участок длиной $l_{оп}$ и диаметром струи в конце участка $D_{хон}$; II – основной участок

Определение параметров распределения приточной струи проводилось с использованием масштабно координатной сетки размерами 150x150 мм. Дальность распространения струи

измерялась в калибрах (один калибр равен диаметру выходного сечения (110 мм)). Результаты, полученные при проведении экспериментов, приведены в таблице.

Таблица

Результаты проведенных экспериментов

Конфигурация системы	Дальность истечения, калибр	Угол отклонения от горизонтальной оси, град.	Угол конуса воздушной струи на начальном участке (I), град.	Угол конуса воздушной струи на основном участке (II), град.
Без выравнивающего аппарата	8	–	50	96
С выравнивающим аппаратом	12,3	3	34	-

Известно, что начальная длина струи определяется зависимостью

$$l = 0,335 \frac{D}{a},$$

где D – диаметр насадка, м;

a – безразмерный коэффициент турбулентности.

Значение безразмерного коэффициента турбулентности зависит от конструкции насадки применительно к осевым вентиляторам с коротким отрезком трубы $a = 0,2$.

Теоретический диаметр струи равен:

$$D_x = 6,8D \left(\frac{ax}{D} + 0,145 \right),$$

где x – расстояние от насадки, м.

Выполнив расчеты начальных участков и теоретических диаметров истекающей приточной струи, можно отметить, что применительно к насадке без направляющего аппарата полученные экспериментальные данные подтверждаются теоретическими расчетами ($l_{\text{теор}} = l_{\text{оп}} = 0,18$ м; $D_{\text{хол}} = D_x = 0,72$ м на расстоянии $x = 0,45$ м от насадки (рис. 3).

Применительно к насадке с направляющим аппаратом теоретические расчеты не совпадают с полученными экспериментальными данными ($l_{\text{теор}} = 0,18$ м; $D_x = 0,72$ м на расстоянии $x = 0,45$ м от насадки и $l_{\text{оп}} = 0,375$ м, $D_{\text{хол}} = 0,35$ м соответственно (рис. 4). Анализируя теоретические данные, следует отметить, что ключевым фактором, влияющим на параметры струи, является безразмерный коэффициент турбулентности a , численное значение которого для насадки с направляющим аппаратом будет меньше, чем для насадки без аппарата.

Выводы

Проведенные опыты и теоретические расчеты длины струи показали, что выравнивающий аппарат обеспечивает снижение турбулентности истекающей приточной струи, тем самым приводя к её выравниванию и увеличению дальности её распространения. В частности, уменьшение угла конусности струи на начальном участке произошло практически в 2 раза и составило 34° , а дальность распространения увеличилась на 54%. Полученные результаты необходимо масштабировать на полноразмерную модель для проведения дальнейших экспериментальных исследований.

Библиографический список

1. Ильин, И. В. Влияние параметров микроклимата на продуктивность свиней / И. В. Ильин, И. Ю. Игнаткин, М. Г. Курячий. – Текст: непосредственный // Эффективное животноводство. – 2011. – № 5 (67). – С. 30-31.
2. Тихомиров, А. В. Основные направления по совершенствованию систем и средств энергообеспечения сельхозобъектов / А. В. Тихомиров, Е. К. Маркелова, Д. А. Тихомиров. – Текст: непосредственный // Агротехника и энергообеспечение. – 2017. – № 3 (16). – С. 34-42.
3. Ильин, И. В. Опыт проектирования систем отопления и вентиляции на свиноводческих фермах и комплексах / И. В. Ильин, И. Ю. Игнаткин, М. Г. Курячий. – Текст: непосредственный // Эффективное животноводство. – 2011. – № 6 (68). – С. 40-41.
4. Гулевский, В. А. Совместное моделирование тепло-массопереносных и аэродинамических процессов в водоиспарительных охладителях / В. А. Гулевский, В. П. Шацкий, А. С. Чесников. – Текст: непосредственный // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. – 2010. – № 3 (19). – С. 40-45.
5. Гулевский, В. А. О некоторых аспектах моделирования работы пластинчатых теплообменников / В. А. Гулевский, В. П. Шацкий. – Текст: непосредственный // Известия вузов. Строительство. – Новосибирск, 2011. – № 12. – С. 84-90.
6. Тихомиров Д. А., Вентиляционно-отопительная установка модульного типа / Д. А. Тихомиров. – Текст: непосредственный // Сельский механизатор. – 2012. – № 9. – С. 32-33.
7. Рекуперация теплоты в свиноводстве / И. В. Ильин, И. Ю. Игнаткин, М. Г. Курячий, А. М. Бондарев. – Текст: непосредственный // Эффективное животноводство. – 2015. – № 9 (118). – С. 40-41.
8. Система микроклимата с теплоутилизатором и озонатором воздуха / В. Н. Расстригин, А. В. Тихомиров, Д. А. Тихомиров, А. Ф. Першин. – Текст: непосредственный // Техника в сельском хозяйстве. – 2005. – № 4. – С. 7-10.
9. Игнаткин, И. Ю. Универсальная установка обеспечения микроклимата / И. Ю. Игнаткин, В. В. Кирсанов. – Текст: непосредственный // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 8 (63). – С. 110-116.
10. Игнаткин, И. Ю. Оптимизация эффективности утилизации теплоты воздушно-воздушного

рекуператора / И. Ю. Игнаткин. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-1-34-39. – Текст: непосредственный // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2018. – № 1 (83). – С. 34-39.

11. Кирсанов, В. В. Оценка характера распределения приточного воздуха в условиях струйных течений / В. В. Кирсанов, И. Ю. Игнаткин. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-3-35-41. – Текст: непосредственный // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2018. – № 3 (85). – С. 35-41.

12. Анализ распределения давления в воздушном потоке по длине воздуховода / Н. Г. Кожевникова, Н. А. Шевкун, А. В. Дранный, А. А. Цымбал. – Текст: непосредственный // Сборник научных трудов Седьмой Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика А. В. Лыкова. – 2020. – С. 282-286.

13. Кирсанов, В. В. Струйная модель притока вентиляционного воздуха из теплоутилизационной установки / В. В. Кирсанов, И. Ю. Игнаткин. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-2-28-32 // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". – 2018. – № 2 (84). – С. 28-32.

References

1. Ilin, I.V. Vlianie parametrov mikroklimata na produktivnost svinei / I.V. Ilin, I.Iu. Ignatkin, M.G. Kuriachii // *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. – 2011. – No. 5 (67). – С. 30-31.

2. Tikhomirov A.V. Osnovnye napravleniia po sovershenstvovaniiu sistem i sredstv energoobespecheniia selkhozobiekto / A.V. Tikhomirov, E.K. Markelova, D.A. Tikhomirov // *Agrotekhnika i energoobespechenie*. – 2017. – No. 3 (16). – С. 34-42.

3. Ilin, I.V. Opyt proektirovaniia sistem otopleniia i ventilatsii na svinovodcheskikh fermakh i kompleksakh / I.V. Ilin, I.Iu. Ignatkin, M.G. Kuriachii // *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. – 2011. – No. 6 (68). – С. 40-41.

4. Gulevskii, V.A. Sovmestnoe modelirovanie teplo-massoperenosnykh i aerodinamicheskikh protsessov v vodoisparitelnykh okhladiteliakh / V.A. Gulevskii, V.P. Shatskii, A.S. Chesnokov // *Nauchnyi vestnik VGASU*. – 2010. – No. 3 (19). – С. 40-45.

5. Gulevskii, V.A. O nekotorykh aspektakh modelirovaniia raboty plastinchatykh teploobmennikov / V.A. Gulevskii, V.P. Shatskii // *Izvestiia VUZov. Stroitelstvo*. – 2011. – No. 12. – С. 84-90.

6. Tikhomirov D.A. Ventilatsionno-otopitelnaia ustanovka modulnogo tipa // *Selskii mekhanizator*. – 2012. – No. 9. – С. 32-33.

7. Rekuperatsiia teploty v svinovodstve / I. V. Ilin, I. Iu. Ignatkin, M. G. Kuriachii, A. M. Bondarev // *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. – 2015. – No. 9 (118). – С. 40-41.

8. Rasstrigin V.N. Sistema mikroklimata s teploutilizatorom i ozonatorom vozdukha / V.N. Rasstrigin, A.V. Tikhomirov, D.A. Tikhomirov, A.F. Pershin // *Tekhnika v selskom khoziaistve*. – 2005. – No. 4. – С. 7-10.

9. Ignatkin, I.Iu. Universalnaia ustanovka obespecheniia mikroklimata / I.Iu. Ignatkin, V.V. Kirsanov // *Vestnik NGIEI*. – 2016. – No. 8 (63). – С. 110-116.

10. Ignatkin, I.Iu. Optimizatsiia effektivnosti utilizatsii teploty vozdukho-vozdushnogo rekuperatora / I.Iu. Ignatkin // *Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniia vysshego professional'nogo obrazovaniia «Moskovskii gosudarstvennyi agroinzhenernyi universitet imeni V.P. Goriachkina»*. – 2018. – No. 1 (83). – С. 34-39. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-1-34-39.

11. Kirsanov, V.V. Otsenka kharaktera raspredeleniia pritochnogo vozdukha v usloviakh struinykh techenii / V.V. Kirsanov, I.Iu. Ignatkin // *Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniia vysshego professional'nogo obrazovaniia «Moskovskii gosudarstvennyi agroinzhenernyi universitet imeni V.P. Goriachkina»*. – 2018. – No. 3 (85). – С. 35-41. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-3-35-41.

12. Kozhevnikova, N.G. Analiz raspredeleniia davleniia v vozdushnom potoke po dline vozdukhovoda / N.G. Kozhevnikova, N.A. Shevkun, A.V. Dranyi, A.A. Tsymbal // *Sbornik nauchnykh trudov Sedmoi Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posviashchennoi 110-letiiu so dnia rozhdeniia Akademika A.V. Lykova*. – 2020. – С. 282-286.

13. Kirsanov, V.V. Struinaia model pritoka ventilatsionnogo vozdukhа iz teploutilizatsionnoi ustanovki / V.V. Kirsanov, I.Iu. Ignatkin // Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniia vysshego professional'nogo obra-

zovaniia «Moskovskii gosudarstvennyi agroinzhenernyi universitet imeni V.P. Goriachkina». – 2018. – No. 2 (84). – S. 28-32. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-2-28-32.



УДК 637.026

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-236-6-108-113

А.В. Медведев

A.V. Medvedev

ТЕХНОЛОГИЯ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ СЫРНЫХ ЗАКВАСОК

CHEESE STARTER CULTURE INFRARED DRYING TECHNOLOGY

Ключевые слова: сушка, сырные закваски, спектр, влажность, параметры, кинетика сушки, технология, импортозамещение, эксперимент, экспериментальный макет.

Рассмотрены вопросы сушки сырных заквасок. Кратко описано современное состояние вопроса. Выявлены проблемы, и предложена технология сушки молочных заквасок. Сформулированы цель и задачи исследования. Определены объект и методы исследования. Разработан экспериментальный макет сушильной установки, который состоит из 6 ярусов, на каждом из которых расположен лоток для продукта. Максимальная загрузка – 20 л жидкого продукта. В пищевой промышленности известна проблема прилипания и пригорания при сушке жидкого сырья. В разработанной установке данная проблема решена с помощью использования тефлоновой подложки на дне лотка. Данное решение позволяет значительно сократить потери продукта. Габариты сушилки 750x560x470 мм. Проведены эксперименты по определению влажностных характеристик продукта. Получена кривая влажности продукта во время процесса сушки. Определены критические точки. Проведены исследования по нахождению начальной и конечной влажности сырных заквасок. Начальная влажность равна 91,34%, а конечная – 5,3%. Определено время сушки сырных заквасок, которое составило 1080 мин. Проведены исследования по нахождению спектральных характеристик исследуемого продукта. Получены зависимости длины волны от пропускания. Проведено согласование оптических свойств продукта и рабочего диапазона длин волн источника излучения. Определена оптимальная температура процесса сушки, которая составила 39,66°C. Такая температура позволит сохранить наибольшее количество полезных веществ в конечном продукте. Сделаны выводы об эффективности предложенной технологии, позволяющей провести процесс сушки при низкой температуре, сохраняя полезные вещества в конечном продукте.

Keywords: drying, cheese starter culture, spectrum, moisture content, parameters, drying kinetics, technology, import substitutions, experiment, experimental layout.

The issues of drying cheese starter cultures are discussed. The current state of the issue is briefly described. The problems have been identified and a technology for drying dairy starter cultures has been proposed. The research goal and objectives are formulated. The research target and methods are determined. An experimental layout of the drying plant has been developed which consists of 6 tiers, each of has a tray for the product. The maximum load is 20 L of liquid product. In the food industry, the problem of adhesion and burning during drying of liquid raw materials is known. In the developed installation, this problem is solved by using a Teflon mat at the bottom of the tray. This solution allows significantly reducing product losses. The dimensions of the dryer are equal to 750 × 560 × 470 mm. Experiments have been carried out to determine the moisture characteristics of the product. The moisture curve of the product during the drying process is obtained. Critical points have been identified. Studies have been conducted to find the initial and final moisture content of cheese starter cultures. The initial moisture content is 91.34%, and the final moisture content is 5.3%. The drying time of cheese starter cultures was determined which was 1080 minutes. Studies have been conducted to find the spectral characteristics of the product under study. The dependences of the wavelength on the transmission are obtained. The optical properties of the product and the operating wavelength range of the radiation source were coordinated. The optimal temperature of the drying process was determined which was 39.66°C. This temperature will allow saving the largest amount of useful substances in the final product. The conclusions are made about the effectiveness of the proposed technology. The technology allows performing drying process at a low temperature while preserving the useful substances in the final product.