

УДК 636

И.Ю. ИГНАТКИН

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОТЫ В СВИНАРНИКЕ-ОТКОРМОЧНИКЕ ООО «ФИРМА МОРТАДЕЛЬ»

В статье представлены результаты применения воздухо-воздушных пластинчатых рекуператоров теплоты УТ-6000С и УТ-3000 в свиноматке-откормочнике на 300 голов свиноматочного комплекса «Фирма Мортадель». Предлагаемые рекуператоры используются круглогодично: в отопительный период для утилизации теплоты вытяжного воздуха, в летний период – для охлаждения приточного воздуха методом испарения влаги на поверхности теплообменных пластин рекуператора (реализация эффекта водоиспарительного охлаждения). Проведена оценка системы поддержания микроклимата с применением рекуператоров теплоты по показателям энергетической эффективности системы, с определением коэффициента утилизации теплоты и расхода природного газа, обеспечения заданного микроклимата (температуры, относительной влажности, концентрации углекислого газа и аммиака) равномерно по всему помещению, а также степени охлаждения приточного воздуха в летний период года при использовании рекуператора в качестве водоиспарительного охладителя. По результатам проведенных испытаний установлено, что предложенная система обеспечивает заданные параметры микроклимата равномерно по всей площади помещения. В жаркий период года при температуре 30,4°C и относительной влажности 31,2% наружного воздуха температура приточного воздуха составляет 24,9°C при относительной влажности 44,8%, что соответствует снижению температуры приточного воздуха на 6,3°C. Из-за смешивания охлажденного воздуха из рекуператоров с неохлажденным воздухом из общеобменной вентиляции среднее снижение температуры воздуха в помещении составляет 3,78°C. В период испытаний системы рекуперации теплоты коэффициент эффективности утилизации теплоты составил 0,4...0,5. Расчетная годовая экономия газа составляет 81,4%.

Ключевые слова: микроклимат, свиноводство, вентиляция, рекуперации, теплообмен, охлаждение.

Круглогодичное обеспечение заданного микроклимата в свиноматке – необходимое условие эффективного производства свинины. Поддержание нормативных показателей микроклимата в отопительный период года требует значительных затрат топливно-энергетических ресурсов. Рассматривая структуру затрат теплоты на отопление свиноматочных помещений, можно отметить, что при использовании ограждающих конструкций с достаточным сопротивлением теплопередачи потери теплоты через стены кровлю сравнительно невысоки и составляют порядка 20%, оставшиеся 80% приходится на потери теплоты с вентиляционным воздухом. В этой связи утилизация теплоты вытяжного воздуха является очевидным решением задачи энергосбережения. В качестве утилизатора теплоты используется пластинчатый воздухо-воздушный рекуперативный теплообменник. При этом рекуператор позволяет осуществлять теплообмен между приточным и вытяжным воздухом через разделяющую стенку (теплообменную пластину), что позволяет избежать смешивания грязного вытяжного воздуха с чистым приточным; пластинчатый теплообменник позволяет реализовать большую поверх-

ность теплообмена в компактном корпусе. Благодаря этому решению и организации воздушных потоков по принципу «Противоток» достигается высокий коэффициент эффективности утилизации теплоты до 50% [1...9].

В период с 14.03.2014 г. по 07.07.2014 г. в секторе откорма № 6 на ферме № 7 ООО «Фирма Мортадель» проводились испытания системы поддержания микроклимата с рекуперацией теплоты (рис. 1). Разработанная система была спроектирована в соответствии с рекомендациями и действующей нормативной документацией [4, 6, 10...12].

Методы и методика

Испытания проходили в течение периода откорма. При этом 14.04.14 г. было поставлено на откорм 279 гол., в секторе откорма расположено 12 станков, животных разместили по 23...24 гол. в станке со средним весом 29,0 кг, отгрузка животных происходила 07.07.2014 г.

Для проведения испытаний использованы поверенные приборы: многофункциональный тер-

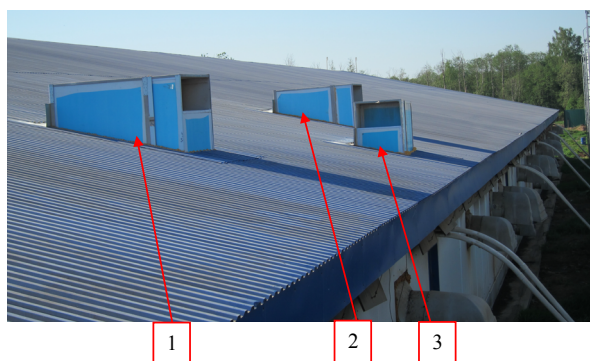


Рис. 1. Вид рекуператоров теплоты на крыше свинарника: 1, 2 – рекуператоры УТ-6000С (для общеобменной вентиляции); 3 – рекуператор УТ-3000 (для вытяжки воздуха из навозного канала)

могигрометр Testo-635, производящий измерения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, а также газоанализатор ПГА-200 для измерения концентрации углекислого газа и аммиака.

В качестве базового сектора использовали откормочник № 5, в который 07.04.14 поставлено 241 свиней средним весом 30,5 кг (по 20 гол. в станке). Система поддержания микроклимата выполнена по проекту канадской компании «FGC LIMITED» с использованием оборудования компании «Ag-So products limited». В фасадной стене установлено 4 вытяжных вентилятора (один осуществляет вытяжку из навозного канала). Приток воздуха осуществляется через приточные клапаны, расположенные в потолке и распределенные по помещению из расчета один клапан на один бокс, всего 12 шт. Система автоматики осуществляет регулирование

по показателям датчика температуры, установленного в центре помещения на высоте 1,2 м от уровня пола.

Опытный сектор был оборудован системой рекуперации теплоты, которая включает в себя 3 рекуператора: один – для вытяжки воздуха из навозного канала № 3 и два – общеобменной вентиляции № 1, 2 (рис. 2) и систему автоматизации с регулированием параметров микроклимата по показаниям датчиков температуры и относительной влажности, размещенных вдоль прохода на высоте 1,2 м. Датчики температуры размещены по краям помещения, а датчики относительной влажности – по центру сектора (рис. 3). Система летней вентиляции осталась неизменной (принцип ее работы описан выше) – с возможностью применения рекуператоров теплоты в режиме охлаждения (рис. 2).

Целью проводимых испытаний была оценка эффективности системы поддержания микроклимата с использованием системы рекуперации теплоты.

В качестве показателей эффективности были определены:

- обеспечение заданного микроклимата по параметрам температуры, относительной влажности, концентрации углекислого газа и аммиака равномерно по всему помещению;
- оценка эффективности охлаждения приточного воздуха в летний период года;
- энергетическая эффективность системы (расход природного газа).

Для проведения исследований было предусмотрено оценка показателей опытного сектора № 7 с системой рекуперации теплоты и контрольного сектора № 5 без рекуперации теплоты с разновозрастными животными при одинаковых условиях содержания и кормления.

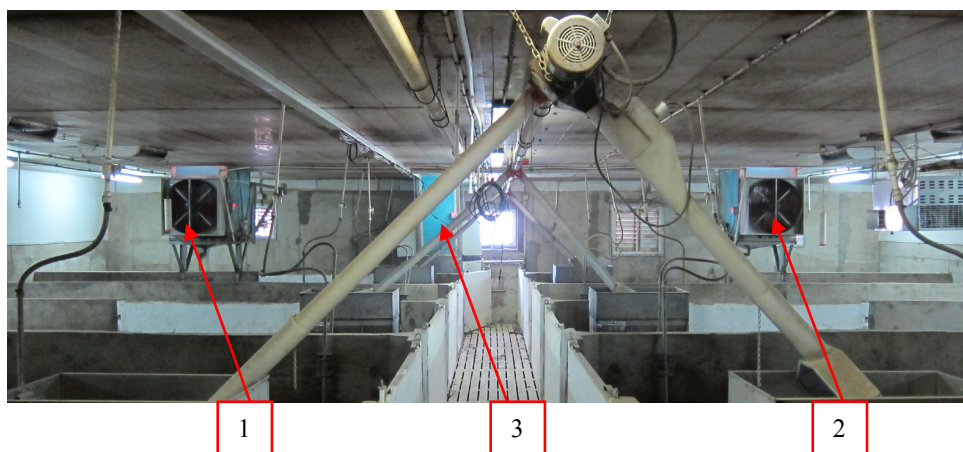


Рис. 2. Вид системы поддержания микроклимата с рекуперацией тепла внутри помещения свинарника: 1, 2 – рекуператоры УТ-6000С (для общеобменной вентиляции); 3 – рекуператор УТ-3000 (для вытяжки воздуха из навозного канала)

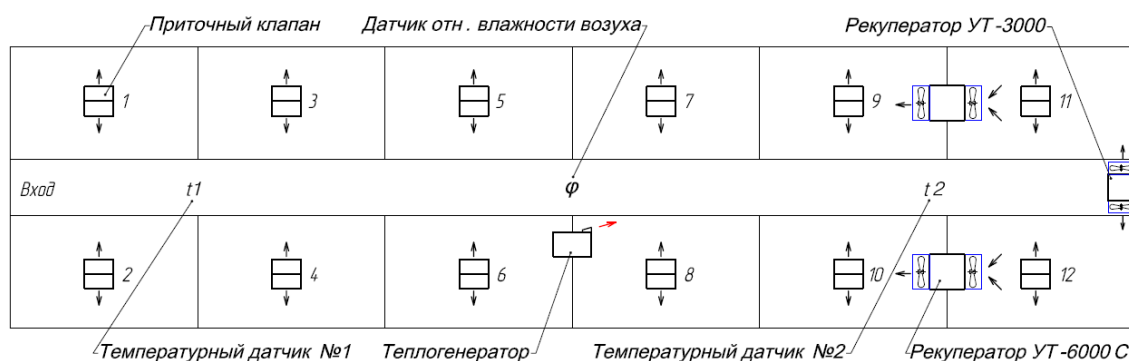


Рис. 3. Схема размещения контрольных точек в опытном секторе откорма с рекуперацией теплоты

В течение контрольного периода температура наружного воздуха колебалась в пределах от -8°C до $+31^{\circ}\text{C}$, замеры микроклимата проводились автоматически компьютером климат-контроля по показаниям датчиков температуры и относительной влажности, размещенных по схеме согласно рисунку 3. Кроме того, еженедельно проводились измерения параметров микроклимата в 12 боксах в течение раб. смены. При этом система отопления и вентиляции с рекуперацией теплоты обеспечивала стабильность заданных параметров микроклимата равномерно по всей площади помещения.

Разработанная система отопления и вентиляции работает следующим образом. В холодный период года предусмотрено функционирование в режиме равного давления. Приток и вытяжка воздуха с механическим побуждением осуществляются через рекуператоры теплоты. В переходный период рекуператоры выходят на 100% воздухопроизводительности, а по мере увеличения потребности в воздухообмене включаются стеновые вентиляторы. В помещении создается разрежение, под действием которого через приточные клапана свежий воздух поступает в помещение (система переходит в режим работы под разрежением).

Регулирование воздухообмена осуществляется по показаниям датчика относительной влажности. Установлено, что относительная влажность коррелирует с выделениями аммиака и углекислого газа. При этом, поддерживая относительную влажность в пределах 55...60%, можно косвенно контролировать концентрацию вредных газов и поддерживать ее в нормативных границах.

При росте относительной влажности воздуха в помещении плавно увеличивается воздухообмен до максимального значения. Если в процессе удаления избытков влаги температура в помещении опускается ниже заданного значения, включаются устройства обогрева. Если температура продолжает снижаться и достигает заданного минимально допустимого значения, то уровень вентиляции снижается до минимального значения (зависит от массы и воз-

раста животных), температура имеет приоритетное значение.

Такое решение обеспечивает удаление излишков влаги, теплоты и вредных газов из помещения в течение всего года. Производительность вентиляторов и рекуператоров соответствует максимальному необходимому воздухообмену в летний период года. Регулирование подачи воздуха осуществляется автоматически за счет изменения частоты вращения вентиляторов и степени открытия заслонок приточных клапанов.

В автоматическом режиме компьютер климат-контроля поддерживает заданные параметры воздуха в помещении по температуре и относительной влажности. Также возможно регулирование микроклимата в ручном режиме.

Результаты исследования

Во время проведения испытаний в компьютере климат-контроля были установлены следующие целевые параметры: температура – 21°C ; относительная влажность – 60%, – к которым система стремилась. Замеры проводились на высоте 600 мм от уровня пола в центре каждого бокса в соответствии с планом, указанным на рисунке 3. Усредненные данные замеров, проведенных 24.03.2014 г., представлены в таблице 1.

Приведенные в таблице 1 данные свидетельствуют о том, что в опытном секторе с системой рекуперации теплоты концентрация аммиака снижается в 1,24, а углекислого газа – в 1,75 раза.

Оценка эффективности охлаждения приточного воздуха велась в наиболее жаркие дни экспериментального периода. Во время проведения испытаний температура окружающего воздуха составила $30,4^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха – 31,2%.

Из таблицы 2 следует, что максимальное значение снижения температуры приточного воздуха составляет $6,3^{\circ}\text{C}$ (в ближайших к рекуператору боксах), далее, по мере удаления от рекуператора, температура воздуха в помещении

Таблица 1

Сравнительная оценка систем вентиляции

Контрольные точки	Сектор с системой рекуперации теплоты				Сектор без системы рекуперации теплоты			
	$t, ^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	NH_3	CO_2	$t, ^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	NH_3	CO_2
1	21,1	61,0	2,7	0,12	21,1	43,2	1,6	0,18
2	21,4	62,3	3,3	0,14	21,3	44,1	1,5	0,15
3	21,6	63,0	3,2	0,11	20,5	51,5	1,9	0,20
4	21,2	61,0	3,1	0,12	21,9	53,6	2,1	0,17
5	21,8	59,0	3,2	0,11	19,9	54,6	2,3	0,19
6	21,4	56,0	3,5	0,13	21,1	62,4	3,8	0,21
7	20,9	54,0	3,0	0,10	20,2	54,9	3,6	0,19
8	20,7	57,5	3,1	0,10	20,2	64,1	5,6	0,23
9	20,6	63,0	3,5	0,12	20,5	63,1	6,4	0,22
10	20,7	59,3	3,8	0,11	20,6	65,2	6,9	0,25
11	21,6	62,0	3,4	0,13	20,7	59,9	6,4	0,23
12	21,3	60,0	3,3	0,14	20,4	62,7	7,1	0,27
Среднее:	21,2	59,8	3,3	0,12	20,7	56,6	4,1	0,21

Таблица 2

Результаты испытаний системы рекуперации теплоты в режиме охлаждения

Параметры уличного воздуха			
Температура – 30,4°C			Относительная влажность – 31,2%
Параметры воздуха помещения			
Точки	$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\varphi, \%$
1	29,40	1,80	37,1
2	29,50	1,70	34,4
3	28,80	2,40	34,3
4	28,70	2,50	37,2
5	28,40	2,80	39,2
6	28,60	2,60	38,8
7	27,30	3,90	44,3
8	27,40	3,80	46,2
9	25,30	5,90	45,6
10	24,90	6,30	44,8
11	25,50	5,70	43,9
12	25,30	5,90	42,5
Среднее:	27,43	3,78	40,7

повышается. Этот эффект связан с тем, что доля охлажденного воздуха (из рекуператоров) в общей системе вентиляции составляет 49,2%. Как результат, охлажденный воздух смешивается с неохлажденным уличным воздухом из общеобменной вентиляции. Поэтому среднее снижение температуры воздуха в помещении составило 3,78°C.

Для оценки энергетической эффективности регистрировалась температура вытяжного и приточного воздуха до и после теплообмена (рис. 4).

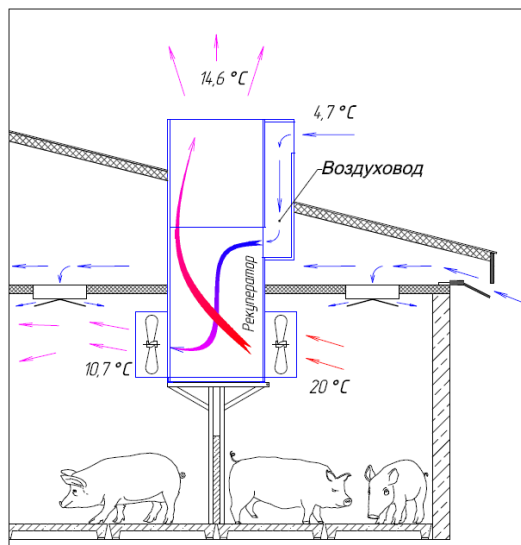


Рис. 4. Фрагмент системы микроклимата с рекуперацией теплоты

При этом определялся коэффициент утилизации теплоты (КПД рекуператора), показывающий долю теплоты вытяжного воздуха, передаваемую приточному. Расчеты и замеры проводились в соответствии с СТО АИСТ 31.2-2007 [13].

Расчет коэффициента утилизации теплоты (E) проводили по формуле:

$$E = \frac{t_{\text{пр}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{выт}} - t_{\text{н}}} \cdot \frac{W_{\text{пр}}}{W_{\text{выт}}},$$

где $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, °C; $t_{\text{пр}}$ – температура приточного воздуха на выходе из рекуператора, °C; $t_{\text{выт}}$ – температура вытяжного воздуха, °C; $W_{\text{пр}}$ – подача приточного воздуха из рекуператора, м³/ч; $W_{\text{выт}}$ – объем удаляемого через рекуператор воздуха, м³/ч.

Таблица 3

Результаты замеров для расчета коэффициента эффективности утилизации тепла

$t_{\text{н}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{пр}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{выт}}, ^\circ\text{C}$	$W_{\text{пр}}, \text{м}^3/\text{ч}$	$W_{\text{выт}}, \text{м}^3/\text{ч}$	E
-5	7,3	21,2	6058,9	5968,5	0,48

Для расчета расхода воздуха замерялась средняя скорость потока в воздуховоде на выходе из вентилятора, которая умножалась на площадь его сечения.

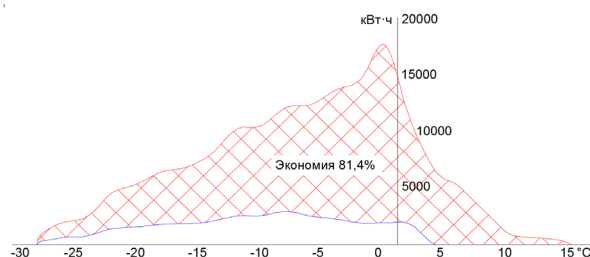


Рис. 5. Расчетная годовая экономия тепловой энергии

Для оценки экономии топливных ресурсов провели сравнение годового потребления теплоты для опытного сектора с рекуперацией теплоты № 6 и контрольного № 5, используя данные о продолжительности стоянии температур в исследуемом регионе. Расчетная годовая экономия тепловой энергии в опытном секторе составляет 81,4%.

Выводы

1. Установленная система микроклимата с рекуперацией теплоты вытяжного воздуха обеспечивает поддержание заданных параметров микроклимата равномерно по всей площади помещения.

2. В жаркий период года при температуре 30,4°C и относительной влажности 31,2% наружного воз-

духа температура приточного воздуха снижается на 6,3°C и составляет 24,9°C при относительной влажности 44,8%. Из-за смешивания охлажденного воздуха из рекуператоров с неохлажденным воздухом из общеобменной вентиляции среднее снижение температуры воздуха в помещении составляет 3,78°C.

3. Расчетная годовая экономия газа в опытном секторе составляет 81,4%.

Библиографический список

- Опыт проектирования систем отопления и вентиляции на свиноводческих фермах и комплексах // Эффективное животноводство. Краснодар: ООО ИД «Агрофорум», 2011. № 6. С. 30–31.
- Ильин И.В., Игнаткин И.Ю., Курячий М.Г. Ресурсосберегающая система отопления и вентиляции // Эффективное животноводство: Спец выпуск «Золотая Осень» АгроТек Россия-2011. 2011. № 9. Сентябрь. С. 42–44.
- Дашков В.Н. Возобновляемые источники энергии в ресурсосберегающих технологиях АПК: Монография / В.Н. Дашков, Барановичи: РУПП «Баранов. укрупн. тип.», 2003. 184 с.
- РД-АПК 1.10.02.04-12: Методические рекомендации по технологическому проектированию свиноводческих ферм и комплексов.
- Ресурсосберегающая система отопления и вентиляции // Агрорынок. 2011. № 9. С. 2–4.
- Рекомендации по расчету и проектированию систем обеспечения микроклимата животноводческих помещений с утилизацией теплоты выбросного воздуха // Федеральное государственное научное учреждение Научно-проектный центр «Гипронисельхоз». 2004.
- Кирсанов В.В., Кравченко В.Н. Энергосберегающая пастеризационно-охлаждающая установка на термоэлектрических модулях. ФГОУ ВПО МГАУ. 2010. № 2. С. 12–14.
- Иванов Ю.Г. Влияние параметров воздушной среды коровника на физиологические показатели животных / Ю.Г. Иванов, Д.А. Понизовкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 4. С. 18–21.
- Иванов Ю.Г. Система принудительной вентиляции коровника для теплого времени года / Ю.Г. Иванов, Д.А. Понизовкин // Сельский механизатор. 2015. № 8. С. 26–27.
- СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.
- Строительная климатология: Справочное пособие к СНиП 23-01-99*.
- Дроганов Б.Х. и др. Применение теплоты в сельском хозяйстве: Учеб. пособие / Б.Х. Дроганов, В.В. Есин, В.П. Зуев; Под ред. Б.Х. Дроганова. 2-е изд., перераб. и доп. Киев: Высш. шк., 1990. 319 с.
- СТО АИСТ 31.2–2007: Методика испытаний по микроклимату.

Игнаткин Иван Юрьевич – к.т.н., доц. кафедры сопротивления материалов и деталей машин РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Тимирязевская, 49; тел.: 8-915-107-72-88; e-mail: ignatkinivan@gmail.com.

Статья поступила 15.12.2015

EVALUATION OF HEAT RECOVERY EFFICIENCY IN FEEDING PIGSTY OF LLC “FIRMA MORTADEL”

I.YU. IGNATKIN

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

The article presents the results of air-to-air plate heat exchanger УТ-6000С and УТ-3000 applied in a feeding pigsty for 300 pig heads of LLC “Firma Mortadel” company. The proposed heat exchangers are used year-round: during the heating season – for the recovery of exhaust air heat, in summer – to cool the incoming air by moisture evaporation on the surface of heat transfer plates of the heat exchanger (the implementation of moisture evaporation cooling effect). The author considers the assessment of climate control with heat exchangers in terms of the system energy efficiency, the determination of the coefficients of heat utilization and natural gas consumption, the provision of a given environment (temperature, relative humidity, carbon dioxide and ammonia content) evenly throughout the room, as well as the degree of supply air cooling in summer, with the use of a heat exchanger as a moisture evaporation cooler. Basing on the test results the author has stated that the proposed system provides preset microclimate parameters uniformly over the entire room area. In a hot season at a temperature of 30,4°C and an outdoor air relative humidity of 31,2%, supply air temperature is 24,9°C at a relative humidity of 44,8%, which corresponds to a decrease of the supply air temperature by 6,3°C. Due to the mixing of cooled air from the heat exchangers with non-refrigerated air from general ventilation, an average decrease in the room temperature is 3,78°C. During testing the heat recovery system, the heat recovery efficiency ratio amounted to 0,4...0,5. The estimated annual gas savings equal 81,4%.

Key words: climate, pig breeding, ventilation, heat recovery, heat exchange, cooling.

References

1. Opyt proektirovaniya sistem otopeniya i ventilyatsii na svinovodcheskikh fermakh i kompleksakh [Experience in designing heating and ventilation systems on pig farms and facilities] // *Effektivnoe zhivotnovodstvo* [Effective Animal Husbandry]. Krasnodar: LLC Publishing House “Agroforum”, 2011. № 6. P. 30–31.
2. Ilyin I.V., Ignatkin I.Yu., Kuryachii M.G. Resursoberegayushchaya sistema otopeniya i ventilyatsii [Resource-saving heating and ventilation system] // *Effektivnoe zhivotnovodstvo: Spetsyayushchaya Osen* [Effective Animal Husbandry: Special edition of “Golden Autumn”] AgroTech Russia 2011. 2011. № 9. September. P. 42–44.
3. Dashkov V.N. Vozobnovlyemye istochniki energii v resursoberegayushchikh tekhnologiyakh APK: Monografiya [Renewable energy sources in resource-saving farm technologies: Monograph] / V.N. Dashkov. Baranovichi: “Baranovichi Enlarged Printing House”, 2003. 184 p.
4. RD-APK [Guideline Documents for Farm Industry] 1.10.02.04-12: Guidelines for the technological design of pig farms and facilities.
5. Resource-saving heating and ventilation // *Agricultural Market*. 2011. № 9. P. 2–4.
6. Guidelines for the calculation and design of systems providing microclimate of livestock buildings with exhaust air heat recovery // *Federal’noe gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie Nauchno-proektnyy tsentr “Gipronisel’khoz”* [Federal State Scientific Institution Research and Design Center “Giproniselkhoz”]. 2004.
7. Kirsanov V.V., Kravchenko V.N. Energoberegayushchaya pasterizatsionno-okhladitel’naya ustanovka na termoelektricheskikh modulyakh [Energy-saving pasteurization and cooling equipment with thermoelectric modules]. FSEIHPE MSAU. 2010. № 2. P. 12–14.
8. Ivanov Yu.G. Sistema prinuditel’noy ventilyatsii korovnika dlya teplogo vremeni goda [Influence of parameters of air pollution on physiological indicators of barn animals] / Yu.G. Ivanov, D.A. Ponizovkin // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel’skogo khozyaystva* [Farm Mechanization and Power Supply]. 2015. № 4. P. 18–21.
9. Ivanov Yu.G. Sistema prinuditel’noy ventilyatsii korovnika dlya teplogo vremeni goda [System of compulsory barn ventilation for a warm season] / Yu.G. Iva-

nov, D.A. Ponizovkin // Sel'skiy mekhanizator [Rural Mechanical Engineer]. 2015. № 8. P. 26–27.

10. SP 131.13330.2012 [Rules and Regulations] Building Climatology. The updated edition of SNiP 23-01-99.

11. Building Climatology: A Reference Guide to the SNiP 23-01-99 *.

12. Droganov B. Kh. et al. Primenenie teploty v sel'skom khozyaystve: Ucheb. posobie [The use of heat in agriculture: Study manual]. / B.Kh. Droganov, V.V. Yesin, V.P. Zuyev; Ed. by B.Kh. Droganov. 2nd ed., rev. and add. Kiev: Higher School, 1990. 319 p.

13. STO AIST 31.2-2007 [Standards of Farm Machinery Testers' Association]: Test method for microclimate.

Ivan Yu. Ignatkin – PhD (Eng), Associate Professor, “Strength of Materials and Machinery Parts” Department, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Timiryazevskaya ul., 49; phone: 8-915-107-72-88; e-mail: ignatkinivan@gmail.com.

Received on December 15, 2015

УДК 631.86:631.15

А.М. БОНДАРЕНКО

Азово-Черноморский инженерный институт ДГАУ

Л.С. КАЧАНОВА

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА В КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ

Проведен анализ современного состояния технологий переработки навоза животноводческих предприятий в органические удобрения. Выявлено, что в настоящее время на 95% животноводческих предприятий Ростовской области отсутствуют системы накопления и переработки навоза, соответствующие нормам проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. Целью исследований являлась разработка инновационных технологий переработки жидкого, полужидкого и твердого навоза животноводческих предприятий в твердые и жидкие концентрированные органические удобрения методом ускоренного компостирования за 7–10 дней. Перспективной технологией производства высококачественных органических удобрений в Ростовской области является технология производства концентрированного органического компоста на основе жидкого и полужидкого навоза, соломы с добавлением биологически активной α -добавки. Рассмотрены технические средства для реализации предлагаемых технологий. Представленные технологии внедрены в хозяйствах Целинского, Зерноградского, Мясниковского и Матвеево-Курганского районов Ростовской области. Рентабельность возделывания озимой пшеницы с применением твердых концентрированных органических удобрений в сравнении с базовой технологией возросла на 20,03% и составила 54,51%, с применением жидких концентрированных органических удобрений в сравнении с базовой технологией возросла на 57,51% и составила 91,99%. Рентабельность возделывания ярового ячменя с применением твердых концентрированных органических удобрений в сравнении с базовой технологией возросла на 2,49% и составила 58,10%, с применением жидких концентрированных органических удобрений в сравнении с базовой технологией возросла на 22,72% и составила 78,33%. Разработанная технология производства концентрированного органического компоста позволяет увеличить объемы получаемого удобрения на 25% и улучшить экологическую обстановку в местах накопления навоза за счет его переработки и применения соломы, как альтернативы ее сжиганию.

Ключевые слова: твердый навоз, жидкий навоз, полужидкий навоз, технология, концентрированное органическое удобрение, концентрированный органический компост, себестоимость, рентабельность.