

“MGAU imeni V.P. Goryachkina”, 2016, No. 3 (73). Pp. 11-17. (In Rus.)

10. Aldoshin N.V., Didmanidze R.N. Vybor strategiy kachestvennogo vypolneniya mekhanizirovannykh rabot [Choosing strategies of quality performance of mechanized operations]. *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskiy zhurna*, 2013, No. 5. Pp. 67-70. (In Rus.)

11. Aldoshin N.V., Zolotov A.A., Kudayeva A.S., Lylin N.A., Manokhina A.A. Segmentno-pal'tsevoy rezhushchiy apparat dlya sreza rasteniy [Segment-fin-

ger cutting machine for crop cutting]: Patent RF No. 160527, IPC A01D34/18, A01D34/13. Publ. on 20.03.2016. Bul. No. 8. (In Rus.)

12. Aldoshin N.V., Zolotov A.A., Kudayeva A.S., Lylin N.A., Manokhina A.A. Rezhushchiy apparat uborochnoy mashiny [Cutting unit of a harvesting machine]: Patent RF No. 160531, IPC A01D34/13. Publ. on 20.03.2016. Bul. No. 8. (In Rus.)

Received on June 6, 2017

УДК 628.475.7:631.863

ИВАНОВ ЮРИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ, докт. техн. наук

E-mail: iy.electro@mail.ru

КИРСАНОВ ВЛАДИМИР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: kirvv2014@mail.ru

ШАФЕЕВ АЛЬБЕРТ ФАРИТОВИЧ

E-mail: shafeev.af@yandex.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДОЗИРОВАННОЙ ПОДАЧИ ПОМЕТА С ПОДСТИЛКОЙ ПРИ СЖИГАНИИ В ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ УСТАНОВКАХ

Одним из способов утилизации помета птицефабрик является его термическая утилизация с получением тепловой энергии. Однако в настоящее время установки для термической утилизации помета не производятся. В работе представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по термической утилизации помета птицефабрик для производства тепловой энергии в твердотопливных установках. В ходе исследований определены следующие показатели: часовая производительность установки, объем питателя, цикловая подача питателя, производительность колосников в трех зонах горения, а также закономерность изменения массы подстилочного помета в зависимости от времени и температуры горения по зонам. В результате проверки полученных зависимостей в лабораторных и производственных условиях установлено, что предложенные меры по усовершенствованию технологии и установки для утилизации помета с подстилкой приводят к снижению амплитуды колебаний тепловой мощности с 60 до 20%. Это позволит увеличить время бесперебойной работы установки по термической утилизации и улучшить эксплуатационные характеристики оборудования.

Ключевые слова: термическая утилизация, горение помета, подстилочный помет, рециркуляция дымовых газов, шлак, утилизация помета.

Введение. Анализ существующих способов утилизации помета птицефабрик показывает, что одним из перспективных способов является его термическая утилизация с получением тепловой энергии. Однако, несмотря на широкое распространение установок для сжигания различных видов твердого топлива, в настоящее время установки

для термической утилизации помета не производятся. Это обусловлено тем, что помет обладает специфическими теплотехническими свойствами, мало изученными с точки зрения оптимизации режимов его горения.

Во время предварительных исследований по сжиганию подстилочного помета в твердотопливных

котлах различных производителей установлено, что одной из проблем является значительная амплитуда колебаний производимой тепловой энергии, что при-

водит к ускоренному износу поверхностей теплообмена и существенно затрудняет обеспечение стационарного теплового режима (рис. 1).

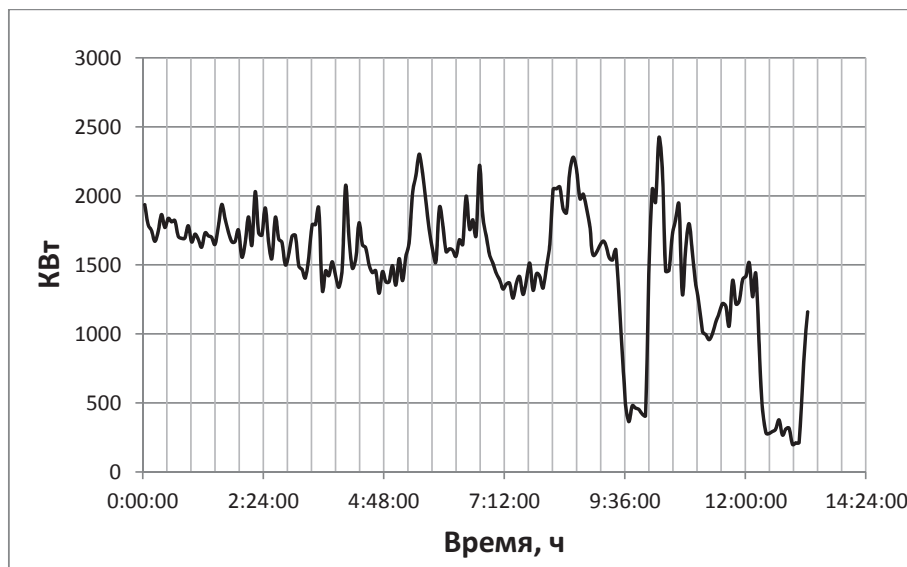


Рис. 1. Колебания тепловой мощности при сжигании подстильного помета в топке базовой установки

Цель исследований – обоснование параметров дозированной подачи подстильного помета при сжигании в твердотопливных установках.

Для обеспечения равномерности горения и равномерности движущегося потока сгорающего подстильного помета целесообразно осуществить плавное изменение высоты слоя, без «горок» и «впадин», приводящих к неконтролируемым температурам по толщине горящего подстильного помета в зонах сушки, возгонки летучих и горения. Необходимую толщину слоя подстильного помета следует поддерживать также для того, чтобы предотвратить неполноту сгорания. При этом важно установить закономерности изменения его массы по мере сжигания.

Материал и методы. Обоснование параметров дозированной подачи подстильного помета справедливо при следующих допущениях: процесс горения – квазиadiaбатный, начальная температура исследуемого образца 20°C, соотношение куриного помета к подстилке – 50/50%, вид подстилки – древесные опилки, скорость нагрева образца 5...20°C/мин, влажность подстильного помета – 37%. Колосниковая решетка установки выполнена в виде не менее трех последовательно размещенных переталкивающих групп колосников для зон сушки (1), возгонки летучих веществ (2) и горения углерода (3), приводы которых подсоединены к блоку согласования подачи помета по зонам, к которому подключен привод средства подачи помета в устройство.

Результаты и обсуждение. Одним из главных условий является установление соответствия меж-

ду подачи помета дозатором питателя и колосниками.

Определим часовую производительность дозатора питателя из выражения

$$G_0 = S \cdot l \cdot \rho_n \cdot \psi_{упл} \cdot \varphi_{зан} \cdot n_u,$$

где S – площадь сечения поршня, м²; l – ход поршня питателя, м; ρ_n – насыпная плотность подстильного помета в бункере, кг/м³; $\psi_{упл}$ – коэффициент уплотнения, зависящий от диаметра, хода поршня питателя, влажности подстильного помета (1,1...1,2); $\varphi_{зан}$ – коэффициент заполнения поршневого пространства (0,8...0,9); n_u – число циклов работы питателя в час.

Продолжительность паузы (цикличность подачи) во время работы дозатора будет равна циклу сушки подстильного помета в первой зоне (рис. 2), т.е.

$$\tau_{з_1} \approx \tau_{uc_1},$$

где $\tau_{з_1}$ – продолжительность заполнения питателя (τ_{xx} – время холостого хода, что соответствует паузам между рабочими ходами), с; τ_{uc_1} – продолжительность цикла сушки подстильного помета в первой зоне, с;

$$\tau_{uc_1} = \tau_{px_1} + \tau_{c_1},$$

где τ_{px_1} – время совершения рабочего хода, с; τ_{c_1} – «чистое» время нахождения подстильного помета в первой зоне, с;

$$\tau_{c1} = \frac{m_{вл}}{V_c},$$

где $m_{вл}$ – масса влаги, удаляемой из подстилочного помета в первой зоне, кг; V_c – скорость сушки, кг/с.

$$V_c = f(m_{nn}, \Delta\tau, m_{вл}),$$

где m_{nn} – масса подстилочного помета, кг; $\Delta\tau$ – время сушки, с.

Производительность колосников по зонам рассчитываем по выражению

$$G_{ki} = \frac{S_{ki} \cdot \rho_n \cdot \psi_{вл} \cdot \varphi_{зан} \cdot \Delta h_{ki}}{\Delta\tau_i},$$

где G_{ki} – производительность колосника в i -й зоне, кг/ч; S_{ki} – площадь колосника в i -й зоне (колосников), м²; Δh_{ki} – потеря высоты слоя в i -й зоне, м; $\Delta\tau_i$ – время пребывания в i -й зоне, с; i – зоны 1, 2 и 3.

Циклограмма подачи подстилочного помета дозатором питателя и колосниками 1, 2 и 3-й зоны приведена на рисунке 2.

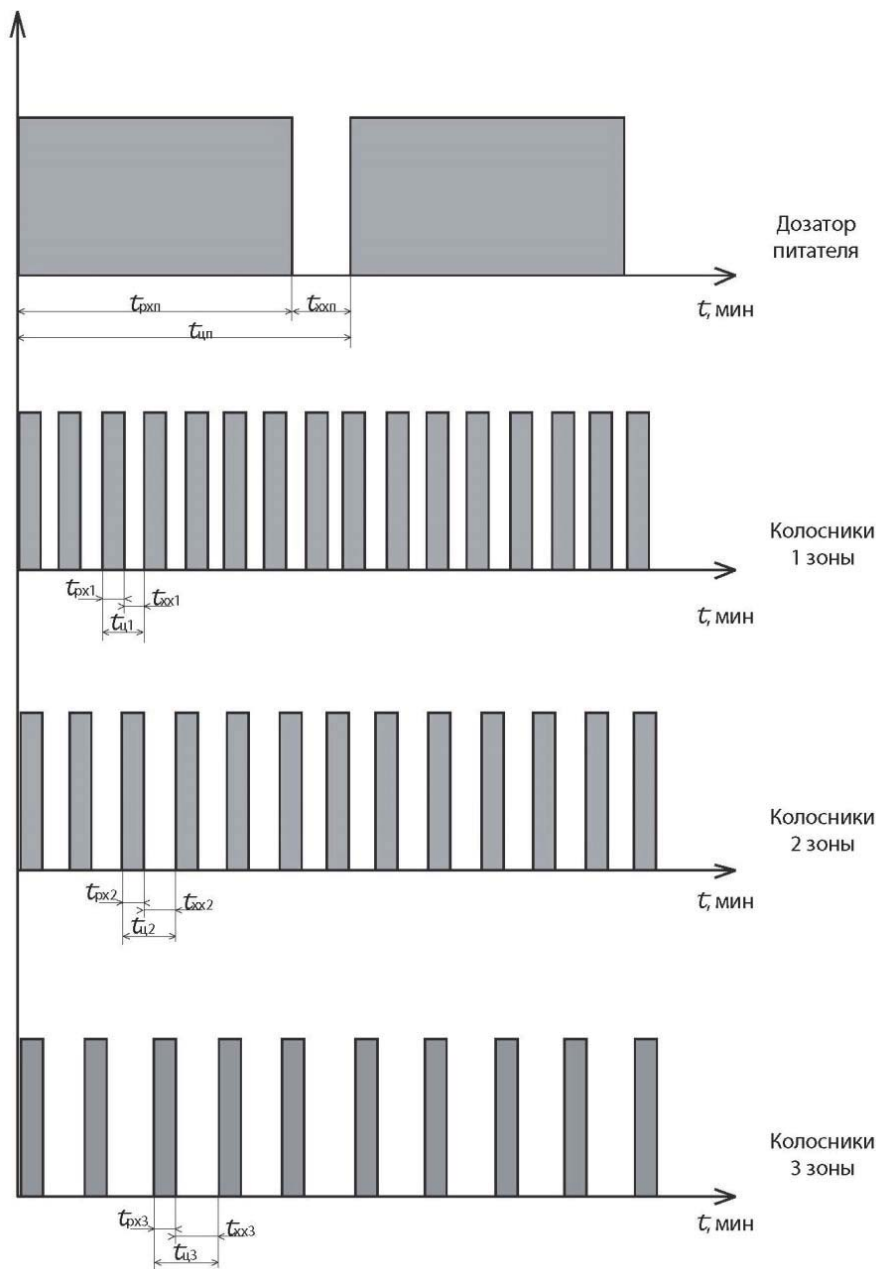


Рис. 2. Циклограмма подачи подстилочного помета дозатором питателя и колосниками 1, 2 и 3-й зоны

Закономерность изменения массы подстилочного помета при сгорании в зонах сушки, возгонки летучих веществ и горения углерода определяется путем анализа экспериментальной кривой возгонки летучих веществ в зависимости от температуры нагрева и после аппроксимации имеет вид

$$N = -10^{-4} \cdot t^2 + 0,211 \cdot t - 1,2626,$$

где N – процент выхода летучих веществ из подстилочного помета от общей массы, %.

Экспериментальная зависимость изменения массы подстилочного помета от температуры нагрева с 20 до 950°C представлена на рисунке 3.

При сгорании подстилочного помета, перемещаемого колосниками последовательно по зо-

нам сушки, возгонки летучих веществ и горения углерода, происходит уменьшение его массы по следующим закономерностям для каждой зоны:

$$\begin{cases} \Delta M_1 = -10^{-5} \cdot \tau^2 - 0,0069 \cdot \tau + 0,0316, & 20 \leq t < 150 \\ \Delta M_2 = -10^{-4} \cdot \tau^2 + 0,0045 \cdot \tau - 1,5586, & 150 \leq t < 400 \\ \Delta M_3 = -0,3 \cdot 10^{-3} \cdot \tau^2 - 0,0598 \cdot \tau - 7,353, & 400 \leq t < 450 \\ t = 0,3328 \cdot \tau - 57,412, \end{cases}$$

где ΔM_1 – изменение массы подстилочного помета в первой зоне, кг; ΔM_2 – изменение массы подстилочного помета во второй зоне, кг; ΔM_3 – изменение массы подстилочного помета в третьей зоне, кг; τ – время нагрева, с; t – температура нагрева, °C.

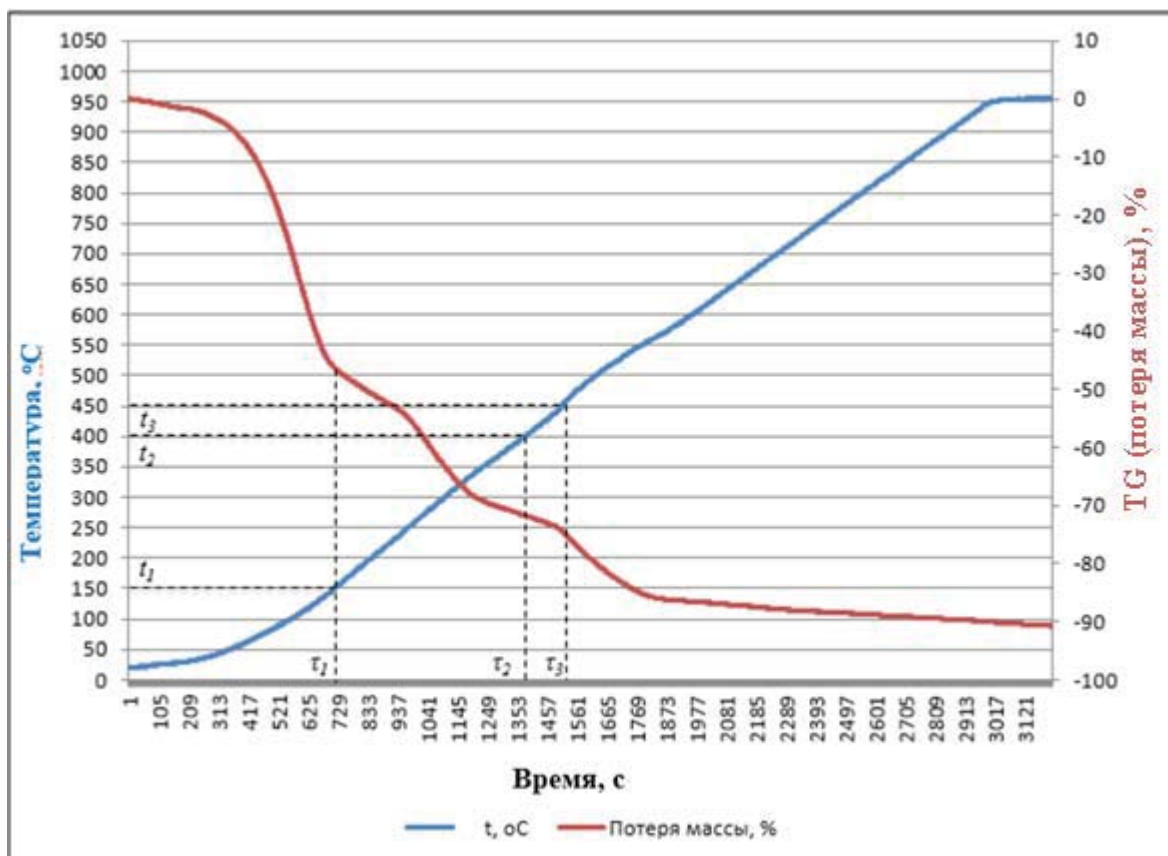


Рис. 3. Зависимость изменения массы подстилочного помета от температуры нагрева по зонам топки установки

Обязательным условием обеспечения непрерывности потока при сжигании подстилочного помета является:

$$G_{пит} \leq G_{зона1} \leq G_{зона2} \leq G_{зона3}.$$

Данные выражения представляют собой систему уравнений, позволяющих организовать необходимую

скорость движения помета с подстилкой и соответствующую цикличность подачи дозатором питателя и колосниками по зонам сушки и горения с учетом изменения массы по мере прохождения по зонам установки.

Внедрение указанных мер обеспечивает снижение колебания тепловой мощности установки в топке, что наглядно иллюстрирует суточная диаграмма, представленная на рисунке 4.

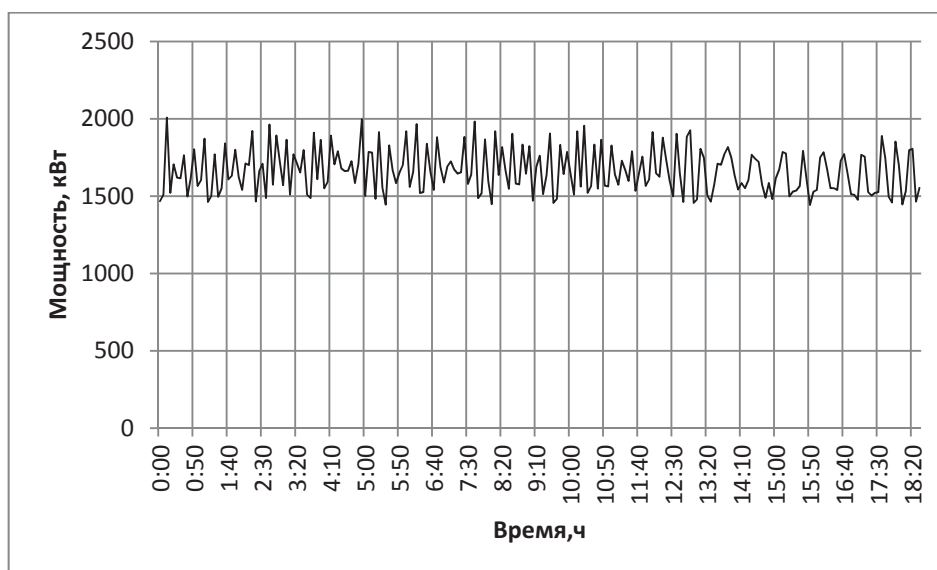


Рис. 4. Колебания тепловой мощности при дозированной подаче подстильного помета в усовершенствованной установке

Выводы

Разработанная система аналитических зависимостей для определения соответствия цикличности работы дозатора питателя и колосников установки при перемещении помета с подстилкой по зонам, с учетом изменения его массы по мере сушки и горения, позволяет обеспечить снижение амплитуды колебаний тепловой мощности с 60 до 20%.

В свою очередь, обеспечение условий дозированной подачи подстильного помета при его сжигании за счет снижения амплитуды колебаний производимой тепловой энергии приводит к увеличению времени бесперебойной работы установки по термической утилизации и улучшению эксплуатационных характеристик оборудования.

Библиографический список

1. Иванов Ю.Г., Целиков В.В., Шафеев А.Ф. Особенности сжигания подстильного помета при термической утилизации // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2015. № 1 (65). С. 25-30.
2. Иванов Ю.Г., Целиков В.В., Шафеев А.Ф. Особенности сжигания подстильного помета в твердотопливных котлах // Вестник ВНИИМЖ. 2015. № 4 (20). С. 220-224.

пливных котлах // Вестник ВНИИМЖ. 2015. № 4 (20). С. 220-224.

3. Иванов Ю.Г., Целиков В.В., Шафеев А.Ф. Термическая утилизация птичьего помета // Сельский механизатор. 2015. № 9. С. 32-33.

4. Иванов Ю.Г. Экспериментальная установка для утилизации подстильного помета и производства тепловой энергии: Труды 9-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве» в 5 частях. Ч. 3. «Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике». Москва, 21-22 мая 2014 г. / Ю.Г. Иванов и др. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2014. С. 104-106.

5. Шафеев А.Ф., Целиков В.В. Биоэнергетика – элемент экологической парадигмы устойчивого развития России // Экология и промышленность России. 2012. № 8. С. 49-51.

6. Канторович Б.В. Основы теории горения и газификации твердого топлива. М.: Издательство Академии наук СССР, 1958. 601 с.

7. Дегтерев Г.П., Иванов Ю.Г., Лысенко В.П., Князев А.Ф. Переработка отходов птицеводческих хозяйств: Учебное пособие. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. 232 с.

Статья поступила 23.03.2017

SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF METERED APPLICATION RATE OF LITTER BEDDING FOR BURNING IN SOLID-FUEL INSTALLATIONS

YURI G. IVANOV, DSc (Eng)

E-mail: iy.electro@mail.ru

VLADIMIR V. KIRSANOV, DSc (Eng), Professor

E-mail: kirvv2014@mail.ru

ALBERT F. SHAFEYEV

E-mail: shafeev.af@yandex.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

One of the ways of recycling litter on poultry farms is its thermal utilization with obtaining thermal energy. However, there are currently no installations for thermal processing of litter. The paper presents the results of theoretical and experimental studies on thermal disposal of poultry litter for the production of thermal energy in solid-fuel installations. The following parameters have been determined during the research: hourly performance of an installation, feeder capacity, cyclic feed of a feeder, grate performance in three combustion zones, and the regularity of the litter bedding mass change depending on the burning time and temperature in separate zones. As a result of the verification of the obtained dependences in laboratory and production conditions, it has been established that the proposed measures aimed at improving the technology and the installation for litter bedding utilization lead to a decrease in the amplitude of thermal power fluctuations from 60 to 20%. This will increase the time of trouble-free operation of a thermal utilization plant and improve operational characteristics of the equipment.

Key words: thermal recycling, dung burning, dung litter, flue gas recirculation, slag, dung disposal.

References

1. Ivanov Yu.G., Tselikov V.V., Shafeyev A.F. Oso-bennosti szhiganiya podstilochnogo pometa pri termicheskoy utilizatsii [Burning features of bedding litter during its thermal utilization]. *Vestnik FGOU VPO "MGAU imeni V.P. Goryachkina"*, 2015, No. 1 (65). Pp. 25-30. (In Rus.)
2. Ivanov Yu.G., Tselikov V.V., Shafeyev A.F. Oso-bennosti szhiganiya podstilochnogo pometa v tverdotoplivnykh kotlakh [Specific features of bedding litter burning in solid fuel boilers]. *Vestnik VNIIMZh*, 2015, No. 4 (20). Pp. 220-224. (In Rus.)
3. Ivanov Yu.G., Tselikov V.V., Shafeyev A.F. Termicheskaya utilizatsiya ptich'yego pometa [Thermal utilization of poultry litter]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2015, No. 9. Pp. 32-33. (In Rus.)
4. Ivanov Yu.G. Eksperimental'naya ustanovka dlya utilizatsii podstilochnogo pometa i proizvodstva teplovoy energii: Trudy 9-y Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii "Energoobespecheniye i energosberezheniye v sel'skom khozyaystve" v 5 chastyakh. Ch. 3. "Energosberegayushchiye tekhnologii v zhivotnovodstve i statsionarnoy energetike". Moskva, 21-22 maya 2014 [Experimental installation for utilization of bedding litter and heat energy production: Proceedings of the 9th International Scientific and Technical Conference "Energy Supply and Energy Saving in Agriculture" in 5 parts. Part 3. "Energy-saving technologies in livestock and stationary power production"]. Moscow, GNU VIESKh, 2014. Pp. 104-106. (In Rus.)
5. Shafeyev A.F., Tselikov V.V. Bioenergetika – element ekologicheskoy paradigmy ustoychivogo razvitiya Rossii [Biopower engineering as an element of the ecological paradigm of sustainable development of Russia]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2012, No. 8. Pp. 49-51. (In Rus.)
6. Kantorovich B.V. Osnovy teorii goreniya i gazifikatsii tverdogo topliva [Fundamentals of the theory of solid fuel combustion and gasification]. Moscow, Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR, 1958, 601 p. (In Rus.)
7. Degterev G.P., Ivanov Yu.G., Lysenko V.P., Kn-yazev A.F. Pererabotka otkhodov ptitsevodcheskikh khozyaystv: Uchebnoye posobiye [Processing of poultry farm waste: Study manual]. Moscow, Izd-vo RGAU-MSkHA, 2016. 232 p. (In Rus.)

Received on March 23, 2017