

УДК 637.115

### Удосконалений блок керування адаптивної доїльної апаратури на базі порційного лічильника вагового типу

**Афанасьєв І. А.,**

аспірант, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», e-mail: i.afanasiev1993@gmail.com, тел.: +38 (095) 743-14-70; ORCID iD 0000-0003-2995-1072

**Ткач В. В.,**

к.т.н., с.н.с., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», e-mail: 3993980@gmail.com, тел.: +38 (067) 399-39-80; ORCID iD 0000-0003-4198-8396

#### Анотація

**Мета.** Підвищення ефективності процесу машинного доїння корів унаслідок покращення точності визначення інтенсивності молоковидення та індивідуального надою доїльної апаратури на базі порційного лічильника вагового типу.

**Методи.** Експериментальні дослідження проведено на основі методів планового експерименту на базі лабораторного стенда відділу біотехнічних систем у тваринництві та заготівлі кормів ННЦ «ІМЕСГ». Обробку отриманих даних проведено з використанням методів математичної статистики та регресійного аналізу.

**Результати.** Експериментально встановлено взаємозв'язок між інтенсивністю молоковидення та фактичною вагою порції молока, що відміряється порційним лічильником вагового

типу. За результатами досліджень створено удосконалений блок керування доїльною апаратурою на елементній базі *Arduino*, який здійснює корекцію показів порційного лічильника вагового типу відповідно до фактичної інтенсивності молоковидення та забезпечує адаптивну зміну робочого вакуумметричного тиску в колекторі доїльного апарата.

**Висновки.** Розроблено удосконалений блок керування доїльною апаратурою, який дозволяє зменшити похибку вимірювання величини надою з 12% до 4,9%, оцінювати значення миттєвої інтенсивності молоковидення з точністю до 5,7%.

**Ключові слова:** адаптивна доїльна апаратура, апарат доїльний, машинне доїння.

UDC: 637.115

### Advanced control unit for adaptive milking equipment based on a portion counter of a weight type

**Afanasiev I. A.,**

graduate student, NSC "IAEE"; ORCID iD 0000-0003-2995-1072

**Tkach V. V.,**

PhD., senior researcher, NSC "IAEE", e-mail: [nnc-imesg@ukr.net](mailto:nnc-imesg@ukr.net); ORCID iD 0000-0003-4198-8396

#### Annotation

**Purpose.** Improving the efficiency of the process of machine milking cows by improving the accuracy of determining the intensity of milk production and individual milking milk yield on the basis of a portion counter weight.

**Methods.** Experimental studies were conducted on the basis of methods of planned experiment on the basis of a laboratory stand of the department of biotechnical systems in animal husbandry and feedstock of NSC "IAEE". The data obtained were processed using the methods of mathematical statistics and regression analysis.

**Results.** The relationship between the milk production rate and the actual weight of a portion of

milk measured by a batch counter was experimentally established. According to the results of the researches, an advanced control unit for milking equipment on the Arduino element base was created, which adjusts the readings of a portion counter of weight type according to the actual intensity of milk production and provides adaptive change of the working vacuum pressure in the collector of the milking machine.

**Conclusions.** An advanced control unit for milking machines has been developed, which allows to reduce the error of measuring milk yield from 12% to 4.9% to estimate the value of instant milk production with an accuracy of 5.7%.

**Keywords:** adaptive milking equipment, milking machine, machine milking.

УДК 637.115

## Усовершенствованный блок управления адаптивной доильной аппаратуры на базе порционного счетчика весового типа

**Афанасьев И. А.,**

аспирант, Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», e-mail: i.afanasiev1993@gmail.com, тел.: +38 (095) 743-14-70;

ORCID iD 0000-0003-2995-1072

**Ткач В. В.,**

к.т.н., с.н.с., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», e-mail: 3993980@gmail.com,

тел.: +38 (067) 399-39-80; ORCIDiD0000-0003-4198-8396

### Аннотация

**Цель.** Повышение эффективности процесса машинного доения коров путем улучшения точности определения интенсивности молоковыведения и индивидуального надоя доильной аппаратуры на базе порционного счетчика весового типа.

**Методы.** Экспериментальные исследования проведены на основе методов планового эксперимента на базе лабораторного стенда отдела биотехнических систем в животноводстве и заготовки кормов ННЦ «ИМЕСХ». Обработку полученных данных проведено с использованием методов математической статистики и регрессионного анализа.

**Результаты.** Экспериментально установлена взаимосвязь между интенсивностью молоковыведения и фактическим весом порции молока, измеряемым порционным счетчиком весового типа. По результатам исследований создан усовершенствованный блок управления доильной аппаратурой на элементной базе Arduino, который осуществляет коррекцию показаний порционного счетчика весового типа в соответствии с фактической интенсивностью молоковыведения и обеспечивает адаптивную смену рабочего вакуумметрического давления в коллекторе доильного аппарата.

**Выводы.** Разработан усовершенствованный блок управления доильной аппаратурой, который позволяет уменьшить погрешность измерения величины надоя с 12% до 4,9%, оценивать значение мгновенной интенсивности молоковыведения с точностью до 5,7%.

**Ключевые слова:** адаптивная доильная аппаратура, аппарат доильный, машинное доение.

**Постановка проблемы.** Основным фактором, що враховується для управління адаптивним доїльним апаратом є інтенсивність молоковиведення, точність визначення якої є запорукою адекватного управління режимом його роботи. На сьогодні вітчизняні автоматизовані установки для доїння корів у залах комплектуються порційними лічильниками вагового типу, яким властива значна

похибка вимірювання під час високої інтенсивності молоковиведення, що може спричинити невідповідність режиму роботи доїльної апаратури та фактичної інтенсивності молоковиведення, особливо під час доїння сучасного високопродуктивного поголів'я корів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз сучасних блоків керування режимом роботи доїльної апаратури свідчить, що сучасне доїльне обладнання або працює в оптимізованому незмінному режимі (без блоку керування), або зміна режиму роботи відбувається внаслідок керування пульсатором [7, 8]. Крім того, керування режимами роботи необхідно здійснювати залежно від фізіологічних параметрів тварини.

У процесі роботи доїльної апаратури з оптимізованим незмінним режимом під час збільшення інтенсивності молоковиведення молочні трубки та колектор переповнюються, що суттєво знижує робочий вакуумметричний тиск, який діє безпосередньо на дійки тварини, що є основною причиною захворювань на мастит, характерних для машинного доїння корів [1–5].

Для ефективного машинного доїння сучасного високопродуктивного поголів'я корів необхідно забезпечувати стабільність режимів роботи доїльної апаратури та їхню адаптивну зміну відповідно до індивідуальних особливостей [1–4, 6].

**Мета досліджень.** Підвищення ефективності процесу машинного доїння корів унаслідок покращення точності визначення інтенсивності молоковиведення та індивідуального надоя доїльної апаратури на базі порційного лічильника вагового типу.

**Методи досліджень.** Експериментальні дослідження проведено на основі

методів планового експерименту на базі лабораторного стенда відділу біотехнічних систем у тваринництві та заготівлі кормів ННЦ «ІМЕСГ». Обробку отриманих даних проведено з використанням методів математичної статистики та регресійного аналізу.

**Результати досліджень.**

Для проведення експериментальних досліджень було розроблено блок керування процесом доїння на базі контролера Arduino Uno Rev3.

Програма досліджень включала запис за допомогою ПК та блока керування наступних даних від порційного лічильника вагового типу: час між перекиданнями лотка, кількість перекидань лотка, загальна кількість видоєного молока за різних значень інтенсивності молоковидедення.

Інтенсивність молоковидедення змінювалася в межах 1–5 л/хв та фіксувалася за допомогою ротаметра. Точне значення інтен-

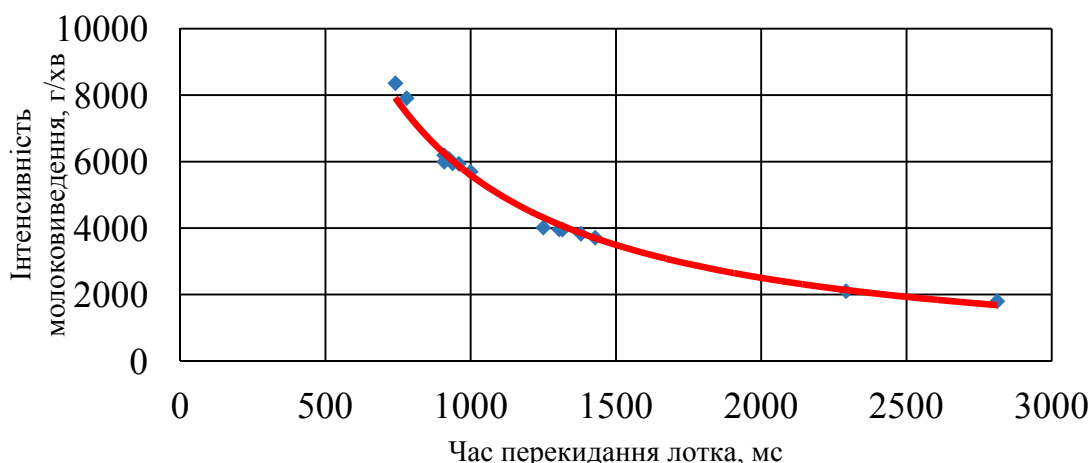
сивності молоковидедення визначалося математично, як відношення кількості видоєного молока до тривалості доїння.

Аналізуючи попередні дослідження порційного лічильника вагового типу, можна зробити висновок про зв'язок між вагою порції та інтенсивністю молоковидедення, який визначається залежністю:

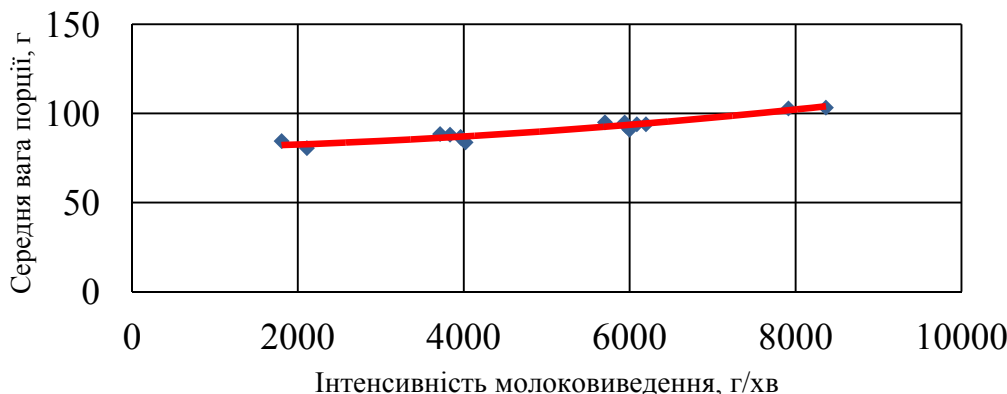
$$m = f(I, t), \tag{1}$$

де  $m$  – вага порції молока, г;  
 $I$  – інтенсивність молоковидедення, г/хв;  
 $t$  – час між перекиданнями лотка, мс.

За результатами лабораторних досліджень одержано графічні залежності інтенсивності молоковидедення від часу перекидання лотка (рис. 1) та ваги молока, отриманого за одне перекидання лотка, від інтенсивності молоковидедення (рис. 2).



**Рис. 1.** Залежність інтенсивності молоковидедення від часу перекидання лотка  
**Fig. 1.** Dependence of the intensity milk flow from the time of rollover of the tray



**Рис. 2.** Залежність ваги порції молока від інтенсивності молоковидедення  
**Fig. 2.** Dependence of the weight serving of milk on the intensity milk flow

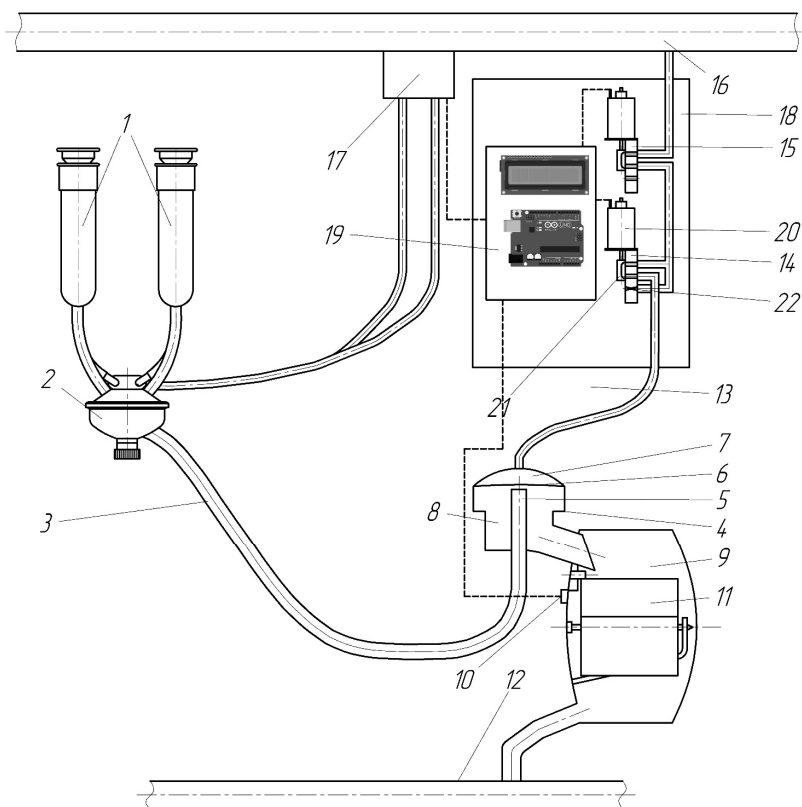
Також отримано рівняння регресії для визначення ваги порції та інтенсивності молоковидедення під час перекидання лотка:

$$I = 16831213,9 \cdot t^{-1,16}; \quad (2)$$

$$m = 2,5 \cdot 10^{-7} \cdot I^2 + 7,57 \cdot 10^{-4} \cdot I + 80. \quad (3)$$

Отримані залежності дають змогу визначити миттєву інтенсивність молоковидедення та кількість видоєного молока залежно від часу між перекиданням лотка лічильника.

За результатами досліджень розроблено удосконалений блок керування процесом доїння (рис. 3) та здійснено лабораторну оцінку його роботи щодо точності визначення інтенсивності молоковидедення та індивідуального надою. Удосконалений блок керування включає: LCD дисплей; контролер Arduino Uno Rev3; геркон із модулем LM393; двоканальний модуль реле; соленоїди управління керуючим та відключаючим клапанами.



**Рис. 3.** Конструкційно-технологічна схема адаптивної доїльної апаратури з керованим вакуумметричним тиском:

- 1 – доїльні стакани; 2 – молокозбірна камера колектора; 3 – молокопровідний шланг доїльного апарата; 4 – регулятор вакуумметричного тиску мембранного типу; 5 – патрубок регулятора вакуумметричного тиску мембранного типу; 6 – мембрана; 7 – камера управління; 8 – камера постійного тиску; 9 – лічильник молока; 10 – лічильний пристрій; 11 – лоток; 12 – молокопровід; 13 – вакуумпровідний шланг; 14 – двопозиційний клапан переключення вакуумметричного тиску; 15 – двопозиційний клапан відключення доїльного апарата; 16 – вакуумпровід; 17 – пульсатор; 18 – блок керування; 19 – контролер блоку керування на базі Arduino Uno; 20 – соленоїд; 21 – повзунок двопозиційного клапана; 22 – калібрований дроселюючий отвір

- Fig. 3.** Design and technological scheme of adaptive milking equipment with controlled vacuum-pressure:  
 1 – milking cups; 2 – milk collective collector chamber; 3 – milking hose of the milking machine;  
 4 – membrane-type vacuum regulator; 5 – branch pipe of the vacuum regulator of the membrane type;  
 6 – membrane; 7 – control camera; 8 – chamber constant vacuum-pressure; 9 – milk counter; 10 – counting device; 11 – tray; 12 – milk line; 13 – vacuum hose; 14 – double-position valve for switching vacuum-pressure;  
 15 – two-position valve for switching off the milking machine; 16 – vacuum line; 17 – pulsator;  
 18 – control unit; 19 – controller unit based on Arduino Uno; 20 – solenoid;  
 21 – slider of the two-position valve; 22 – calibrated throttling hole

Програма лабораторної перевірки передбачала запис дійсної ваги молока та даних із контролера удосконаленого блока керування адаптивної доїльної апаратури, а саме: час, інтенсивність молоковидедення та кількість видоєного молока. Результати вимірювань дано в таблиці та представлено на графіку (рис. 4).

Таблиця . Порівняння даних, отриманих від лічильника, з реальними  
Table 1. Comparison of data obtained from the counter with the real

№ п/п	Кількість видоєного молока, г	Час, с	Середня інтенсивність молоковидедення (за лічильником), г/хв	Кількість видоєного молока (за лічильником), г	Дійсна середня інтенсивність молоковидедення, г/хв	Похибка за інтенсивністю молоковидедення, %	Похибка за кількістю видоєного молока, %
1	460	30	814	480	920	-11,5217	4,347826
2	2030	30	3810	2124	4060	-6,15764	4,630542
3	291	30	552	320	582	-5,15464	9,965636
4	2580	30	5242	2567	5160	1,589147	-0,50388
5	1470	30	3027	1498	2940	2,959184	1,904762
6	1058	30	2260	1143	2116	6,805293	8,034026
						5,698	4,898

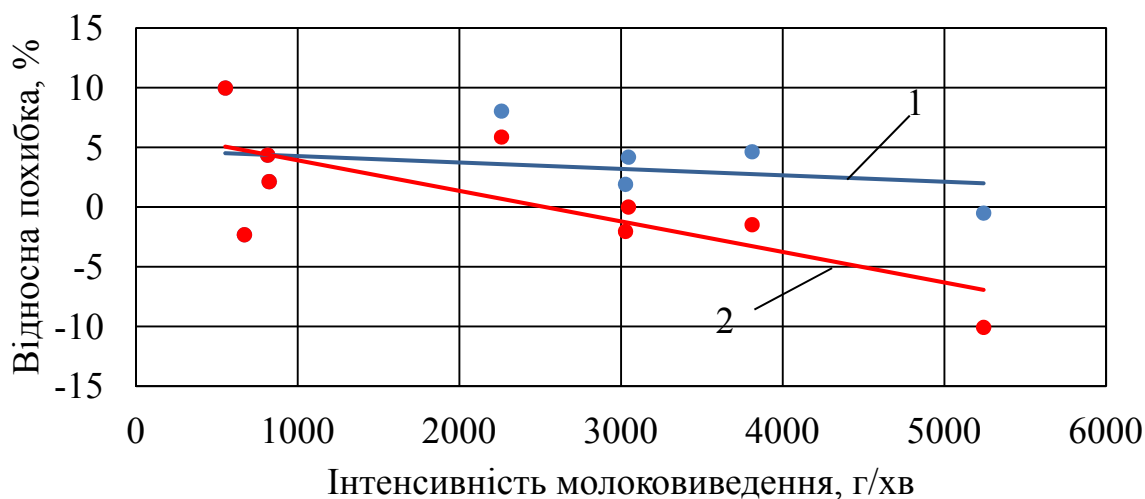


Рис. 4. Залежність відносної похибки показників лічильника з корегуванням за допомогою удосконаленого блока керування (1) та без корегування (2) від інтенсивності молоковидедення  
Fig. 4. Dependence of relative error of indicators of a meter with correction using control unit (1) and without correction (2) on the intensity milk flow

**Висновки.** Розроблено удосконалений блок керування доїльною апаратурою, який дозволяє зменшити похибку вимірювання величини надою з 12% до 4,9%, оцінювати значення миттєвої інтенсивності молоковидедення з точністю до 5,7%.

**Бібліографія**

1. Механизация и автоматизация производства молока / под ред. д-ра техн. наук, академика НААН В. В. Адамчука и докт. техн.

наук, профессора А. И. Фененко. Нежин, 2013. 324 с.

2. Админ Е. И. Доеение коров на фермах промышленных комплексов. К.: Урожай, 1980. 144 с.

3. Винников И. К., Забродина О. Б., Кормановский Л. П. Технологии, системы и установки для комплексной механизации и автоматизации доения коров / под ред. Л. П. Кормановского. Зерноград, 2001. 354 с.

4. Карташов Л. П. Машинное доение коров. М.: Колос, 1982. 301 с.

5. Фененко А. І., Москаленко С. П., Ткач В. В., Резніков І. В., Остапенко М. А., Михайленко П. М., Брильянт В. Ф., Дріго В. О.. Удосконалення процесу і засобів машинного доїння корів. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2010. Вип. 94. С. 249–259.

6. Кирсанов В. В., Легеца В. Н., Шукін С. І. Разработка новых типов автоматизированный и роботизированных доильных аппаратов. *Материалы XVI Международного симпозиума по машинному доению с.-х. животных* (Минск – Гомель, 27–29 июня 2012 г.). С. 265–271.

7. Пат. 2423046 RU; МПК А 01 J 5/00. Способ машинного доения коров. / Ю. А. Цой, А. М. Седов, А. И. Зеленцов, А. К. Гиллих, Р. А. Мамедова; заявитель и патентообладатель Всероссийский институт электрификации сельского хозяйства. № 2009133954/21; заявл. 11.09.2009 опубл. 10.07.2011, Бюл. № 19. 7 с.

8. Седов А. М. Программируемый автомат управления процессом доения на доильной установке «Елочка». *Вестник ВИАХ*. 2015. Вып. № 3 (20). С. 73–76.

#### Bibliografii

1. Mehanizatsiya i avtomatizatsiya proizvodstva moloka / pod red. d-ra tehn. nauk, akademika NAAN V. V. Adamchuka i dokt. tehn. nauk, professora A. I. Fenenko. Nezhin, 2013. 324 s.

2. Admin E. I. Doenie korov na fermah promyshlennyih kompleksov. K.: Urozhay, 1980. 144 s.

3. Vinnikov I. K., Zabrodina O. B., Kormanovskiy L. P. Tehnologii, sistemy i ustanovki dlya kompleksnoy mehanizatsii i avtomatizatsii doeniya korov / pod red. L. P. Kormanovskogo. Zernograd, 2001. 354 s.

4. Kartashov L. P. Mashinnoe doenie korov. M.: Kolos, 1982. 301 s.

5. Fenenko A. I., Moskalenko S. P., Tkach V. V., Reznikov I. V., Ostapenko M. A., Mihaylenko P. M., Brilyant V. F., Driho V. O.. Udoskonalennya protsesu i zasobiv mashinnogo doynnya koriv. *Mehanizatsiya ta elektrifikatsiya silskogo gospodarstva*. 2010. Vip. 94. S. 249–259.

6. Kirsanov V. V., Legeza V. N., Shukin S. I. Razrabotka novyih tipov avtomatizirovannyy i robotizirovannyih doilnyih apparatov. *Materialy XVI Mezhdunarodnogo simpoziuma po mashinnomu doeniyu s.-h. zhyvotnyh* (Minsk – Gomel, 27–29 iyunya 2012 g.). S. 265–271.

7. Pat. 2423046 RU; МПК А 01 J 5/00. Sposob mashinnogo doeniya korov / Yu. A. Tsoy, A. M. Sedov, A. I. Zelentsov, A. K. Gillih, R. A. Mamedova; zayavitel i patentoobladatel Vserossiyskiy institut elektrifikatsii selskogo hozyaystva. № 2009133954/21; zayavl. 11.09.2009 opubl. 10.07.2011, Byul. № 19. 7 s.

8. Sedov A. M. Programmiruemyiy avtomat upravleniya protsessom doeniya na doilnoy ustanovke «Elochka». *Vestnik VIESH*. 2015. Vyp. № 3 (20). S. 73–76.

#### References

1. Mechanization and automation of milk production / edited by Doctor of Technical Sciences, Academician NAAN V. V. Adamchuk and Doctor of Technical Sciences, Professor A. I. Fenenko. Nezhin, 2013. 324 p.

2. Admin E. I. Milking of cows on farms of industrial complexes. Kyiv: Harvest, 1980. 144 p.

3. Vinnikov I. K., Zabrodina O. B., Kormanovsky L. P. Technologies, systems and installations for integrated mechanization and automation of milking of cows. / ed. L. P. Kormanovsky. 2001. 354 p.

4. Kartashov L. P. Machine milking of cows. Moscow: Kolos, 1982. 301 p.

5. Improving the process and means of machine milking cows / A. I. Fenenko, S. P. Moskalenko, V. V. Tkach, I. V. Reznikov, M. A. Ostapenko, P. M. Mihaylenko V. F. Brylyant, V. A. Driho. *Mechanization and electrification of agriculture*. 2010. Issue 94. Pp. 249–259.

6. Kirsanov V. V., Legeza V. N., Shukin S. I. Development of new types of automated and robotic milking machines. *Proceedings of the XVI International Symposium on Machine Milking animals* (Minsk – Gomel, June 27–29, 2012). Pp. 265–271.

7. Pat. 2423046 RU; IPC A 01 J 5/00; Method of machine milking cows / Yu. A. Tsoi, A. M. Sedov, A. I. Zelentsov, A. K. Gillik, R. A. Mamedova; applicant and patent holder All-Russian Institute for Agricultural Electrification. No. 2009133954/21; claimed 09/11/2009; publ. July 10, 2011; No. 19. 7 p.

8. The programmable automatic machine of control of process of milking on the milking machine «Yaynka» / A. M. Sedov. *VIESH Herald*. 2015. Issue No. 3 (20). Pp. 73–76.