



Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI:10.37128/2520-6168-2021-2



**Machinery  
Energetics  
Transport  
of Agribusiness**

**ТЕХНІКА  
ЕНЕРГЕТИКА  
ТРАНСПОРТ АПК**



*Всеукраїнський науково-технічний журнал*

**ТЕХНІКА,  
ЕНЕРГЕТИКА,  
ТРАНСПОРТ АПК**

*№ 2 (113) / 2021*

**м. Вінниця - 2021**

**ТЕХНІКА,  
ЕНЕРГЕТИКА,  
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування  
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».  
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.  
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації  
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2021. 2(113). С. 177.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол № 12 від 29.06.2021 р.)*

*Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.*

*Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 року №886);*

*- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);*

*- індексується в CrossRef, Google Scholar;*

*- індексується в міжнародній наукометричній базі [Index Copernicus Value](#) з 2018 року.*

**Головний редактор**

**Токарчук О.А.** – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

**Заступник головного редактора**

**Веселовська Н.Р.** – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

**Відповідальний секретар**

**Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

**Члени редакційної колегії**

**Булгаков В.М.** – д.т.н., проф., академік НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Севостьянов І.В.** – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

**Граняк В.Ф.** – к.т.н., доц., Вінницький національний технічний університет

**Спірін А.В.** – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

**Іванчук Я.В.** – к.т.н., доц., Вінницький національний технічний університет

**Твердохліб І.В.** – д.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

**Іскович – Лотоцький Р.Д.** – д.т.н., проф., Вінницький національний технічний університет

**Цуркан О.В.** – д.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

**Купчук І.М.** – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

**Яронуд В.М.** – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

**Зарубіжні члени редакційної колегії**

**Йордан Максимов** – д.т.н., професор Технічного університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** кандидат технічних наук, доцент  
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет,  
тел. (0432) 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: [pophv@ukr.net](mailto:pophv@ukr.net)

**I. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ.***Веселовська Н.Р., Гайдамак О.Л., Карпійчук М.Ф., Кучеренко Ю.С.***ПРОЦЕСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ ВИРОБІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ..... 4***Ivan Sevostianov, Oleksii Tokarchuk, Maryna Pidlypna***AUTOMATED TECHNOLOGICAL PROJECTION OF CLASSIFICATION PROCESSES OF DRY DISPERSIVE MATERIALS..... 15***Михалевич В.М., Матвійчук В.А., Бубновська І.А.***ОЦІНКА ДЕФОРМОВНОСТІ МАТЕРІАЛУ ЗАГОТОВОК ПРИ ВАЛЬЦЮВАННІ..... 22***Островський А.Й.***УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДБОРТУВАННЯ КРУГЛОГО ОТВОРУ У ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВКАХ..... 31***Serhiy Shargorodskiy, Volodymyr Rutkevych***INFLUENCE OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF STEM FEED AND DESIGN OF THE WORKING BODY ON THE DRIVE POWER OF THE CUTTING MECHANISM..... 38***Yurii Polievoda, Alla Solomon***THE CHOICE OF FACTORS OF INFLUENCE ON VIBRO-CENTRIC SEPARATION OF LIQUID INHOMOGENEOUS RAW MATERSALS ..... 50****II. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА***Возняк О.М., Штуць А.А., Замрій М.А.***СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ КОЛЕКТОРНИМ ДВИГУНОМ..... 57****III. АГРОІНЖЕНЕРІЯ***Анісімов В.Ф., Сленич А.П.***ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ТА ЗБІЛЬШЕННЯ ТЕРМІНУ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ..... 67***Бабин І.А.***РЕЗУЛЬТАТИ ВИРОБНИЧОЇ ПЕРЕВІРКИ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПРОМИВАННЯ МОЛОКОПРОВІДНОЇ ЛІНІЇ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК..... 78***Гуцько І.В.***ТЕНДЕНЦІЇ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ЕНЕРГОНОСІВ МАШИНИХ АГРЕГАТИВ..... 88***Гуцько І.В., Левчук О.В.***ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ В УМОВАХ ННВК «ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ КОНСОРЦІУМ»..... 97***Котов Б.І., Калініченко Р.А., Рудь А.В., Грушецький С.М.***ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ЗЕРНА ПІСЛЯ СУШІННЯ І ТЕРМООБРОБКИ..... 111***Пришляк В.М., Дубчак В.М.***ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА РУХУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ У РІДИННОМУ ТА ПОВІТРЯНОМУ СЕРЕДОВИЩАХ ЗА УМОВИ ДІЇ ГРАВІТАЦІЙНОГО ПОЛЯ..... 121***Пришляк В.М., Мизюк А.І.***СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ АГРОТЕХНІЧНИХ І МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПЕРЕДУМОВ ДО РОЗРАХУНКУ, ПРОЕКТУВАННЯ ТА КОНСТРУЮВАННЯ КАРТОПЛЕСАДЖАЛОК***Спірін А.В., Твердохліб І.В., Купчук І.М., Побережець Ю.М.***ОБҐРУНТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ ПРОЦЕСУ ДОСУШУВАННЯ ПРОДУКТІВ ФРАКЦІЙНОЇ ПЕРЕРОБКИ ЛЮЦЕРНИ..... 142***Холодюк О.В.***ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ AGRAS T16..... 152***Яропуд В. М., Алієв Е.Б.***РЕЗУЛЬТАТИ ОБСТЕЖЕННЯ СТАНУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В СВИНАРНИКУ ІЗ СИСТЕМОЮ ВЕНТИЛЯЦІЇ ВІД'ЄМНОГО ТИСКУ..... 168**



УДК 637.115:621.647.7

DOI: 10.37128/2520-6168-2021-2-9

## РЕЗУЛЬТАТИ ВИРОБНИЧОЇ ПЕРЕВІРКИ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПРОМИВАННЯ МОЛОКОПРОВІДНОЇ ЛІНІЇ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК

Бабин Ігор Анатолійович, к.т.н., старший викладач  
Вінницький національний аграрний університет

Ihor Babyn, Ph.D., Senior Lecturer  
Vinnytsia National Agrarian University

Створення автоматизованого техніко-технологічного забезпечення системи промивання доїльних установок, що інтенсифікує процес без додаткових витрат, набуває першочергового значення при вирішенні завдання підвищення якості молока. Метою досліджень є проведення виробничої перевірки розробленої автоматизованої системи промивання молокопровідних ліній доїльних установок.

На основі отриманих математичних моделей процесу роботи промивання доїльних установок із повітряним і гідро-інжекторами, а також фотодатчика визначення забрудненості молокопровідної лінії доїльної установки розроблено автоматичну систему її промивання, використання якої дозволяє виконувати відповідний технологічний процес із більш високою продуктивністю і якістю при зменшенні витрат води і енерговитрат.

У результаті виробничої перевірки режимів роботи автоматичної системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок встановлено, що найменше значення мікробіологічного забруднення молока (кількості мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів) спостерігається для варіанту із адаптивною тривалістю промивання і адаптивним режимом роботи повітряних інжекторів за підключених гідроінжекторів. Для УДЕ-16 Ялинка становить 82 тис. КУО/см<sup>3</sup> (екстра татунок молока), а для УДМ-100 «Брацлавчанка» – 248 тис. КУО/см<sup>3</sup> (вищий татунок молока).

Унаслідок виробничої перевірки режимів роботи автоматичної системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок встановлено, що найменші значення витрат води спостерігаються для варіанту із найменшою тривалістю промивання (5 хв./10 хв./5 хв.) і адаптивним режимом роботи повітряних інжекторів за відключених гідроінжекторів. Для УДЕ-16 Ялинка становить 185 л, а для УДМ-100 «Брацлавчанка» – 268 л. Найменше значення енерговитрат спостерігається для базового варіанту системи промивання (без додаткового обладнання). Для УДЕ-16 Ялинка становить 13,5 кВт·год., а для УДМ-100 «Брацлавчанка» – 21,4 кВт·год.

**Ключові слова:** доїльні установки, система промивання, параметри, випробування, автоматизація.

**Ф. 5. Табл. 1. Рис. 4. Літ. 19.**

---

### 1. Постановка проблеми

Серед показників якості молока, як сировини для подальшої переробки, суттєвим є його бактеріальна забрудненість. Даний показник залежить від санітарно-гігієнічного стану доїльного обладнання, своєчасного охолодження молока, вимог та впливу інших зовнішніх чинників [1]. В процесі доїння молоко проходить через доїльні апарати, молокопровід, молокозбірники, індивідуальні та групові лічильники тощо, які є джерелом бактеріального забруднення [2]. Рекомендованими умовами покращення якості молока є забезпечення ефективності процесу промивання доїльних установок шляхом збільшення його тривалості, що призводить до підвищення експлуатаційних витрат (води, мийних засобів, електроенергії тощо) та собівартості молочної продукції [3-4]. Таким чином, створення автоматизованого техніко-технологічного забезпечення системи промивання доїльних установок, що інтенсифікує процес без додаткових витрат, набуває першочергового значення при вирішенні завдання підвищення якості молока.

---

### 2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз літературних джерел показав, що незважаючи на відмінність у кількісних



характеристиках процесу промивання доїльних установок (температура, тривалість) в цілому за складом операцій і послідовності їх виконання на сьогодні існує єдина думка, а саме [5-9]:

- попереднє ополіскування і видалення залишків молока теплою водою (30-48 °С) протягом 5-10 хв.;
- приготування мийних лужних розчинів в гарячій воді температурою 60-70 °С і миття протягом 10-30 хв.;
- ополіскування і видалення залишків мийного розчину теплою або гарячою водою протягом 5-10 хв.;
- промивання 1-2 рази в тиждень кислотними миючими розчинами;
- промивання системи перед початком роботи гарячою водою і дезінфікуючим розчином;
- обробку комунікацій кислотними розчинами з температурою 60-70 °С для видалення молочного каменю здійснюють після попереднього ополіскування, проміжне ополіскування гарячою водою при температурі 70 °С протягом 5 хв., після чого миють лужним розчином.

Технологічний режим процесу промивання молокопровідних систем визначає сукупність в основному таких показників, як [10-11]:

- швидкість мийного розчину при промиванні;
- температура розчину;
- концентрація мийних засобів;
- тривалість промивання.

Ефективне промивання можливе при швидкості руху мийного розчину, достатній для відривання і виносу потоком рідини частинок бруду і відкладень. При необґрунтовано великій швидкості різко підвищуються енергетичні витрати на перекачування розчину. Швидкість рідини при промиванні доїльних установок залежить від величини розрідження, що створюється вакуумними установками, від гідравлічних параметрів ліній циркуляції, від подачі перекачувальних молочних насосів [12].

Слід зазначити, що стосовно швидкості руху мийного розчину, що відповідає найбільш ефективному технологічному процесу промивання дослідники не дійшли до єдиної думки: швидкість в різних дослідженнях варіюється в межах 0,5-1,5 м/с [13].

З метою інтенсифікації перемішування розчину, що значно впливає на швидкість видалення забруднень, пропонується встановлювати в молокопровідних системах різноманітні пристрої створення турбулентного потоку рідини [14]. Дослідженнями доведено, що висока якість очищення може бути досягнута при розвиненому турбулентному режимі течії мийного розчину (при  $Re > 10^4 - 10^5$ ) [15], оскільки в цьому випадку створюються найбільш сприятливі умови для механічного впливу потоку на частинки забруднення.

Якість промивання молокопровідних систем доїльних установок прямо пропорційна температурі мийного розчину [16]. З підвищенням температури зростає фізико-хімічна активність мийного розчину, знижується енергія адгезії на межі поділу фаз (мийний розчин – забруднення), зменшується кінематична в'язкість мийного розчину, що підсилює турбулентність. Ефективність впливу мийного засобу на забруднення при інших рівних умовах безпосередньо залежить від температури розчину. Однак, її підвищення понад 70°C не призводить до помітного збільшення мийної здатності [17]. Тому температурний режим наблизили саме до цього показника.

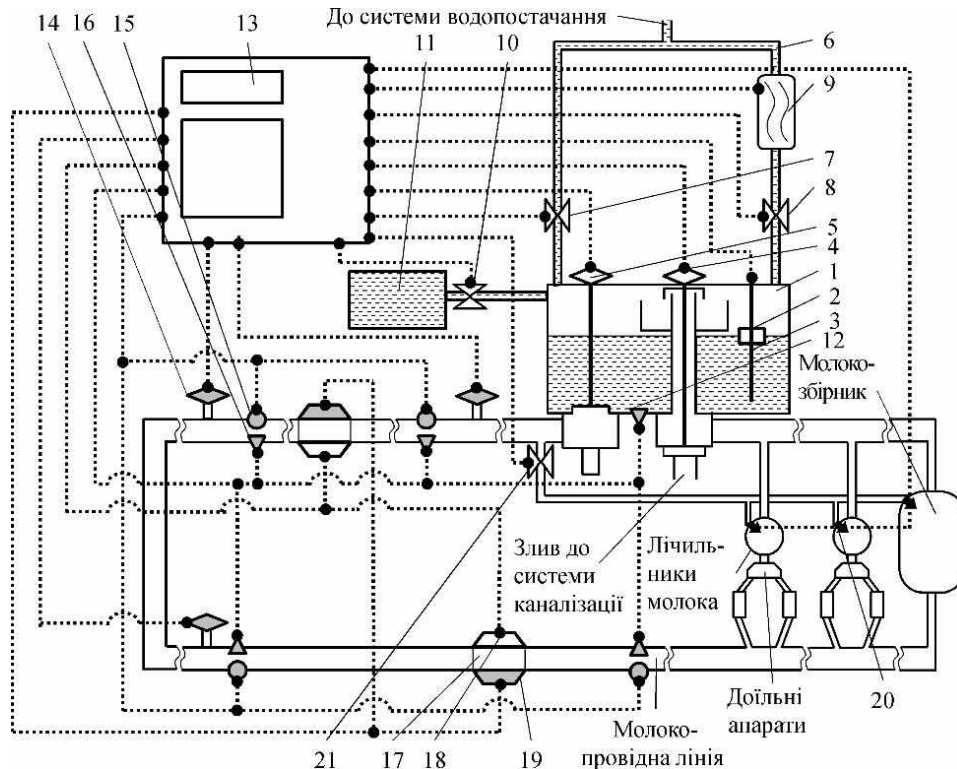
При вивченні тривалості промивання встановлено, що при збільшенні часу обробки якість очищення покращується [18]. Так, дослідники зазначають, що циркуляційне промивання молокопровідних систем повинно тривати 5-40 хв. залежно від матеріалів, з яких виготовлені їх елементи.

На основі отриманих математичних моделей процесу роботи промивання доїльних установок із повітряним і гідро- інжекторами, а також фотодатчика визначення забрудненості молокопровідної лінії доїльної установки розроблено систему промивання молокопровідної лінії доїльних установок із автоматизованим контролем його режимних параметрів.

В основу винаходу (патент № 140923 [19]) поставлено задачу створення такої автоматичної системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок, в якій за рахунок встановлення додаткових елементів можливо оперативним чином визначати стан забрудненості молокопровідної лінії і відповідно автоматично змінювати її режимні параметри, що дасть можливість виконувати відповідний технологічний процес із більш високою продуктивністю і якістю при зменшенні витрат води і енерговитрат.



Принцип роботи системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок пояснюється конструктивно-технологічною схемою, яка наведена на рис. 1.



**Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема автоматичної системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок що є результатом впровадження дисертаційного дослідження:**

1 – бак; 2 – поплавок; 3 – датчик рівня мийного розчину; 4 – клапан циркуляції-зливу; 5 – молокопровід; 6 – трубопровід; 7 – електромагнітний клапан пуску холодної води; 8 – електромагнітний клапан пуску гарячої води; 9 – водонагрівач; 10 – електромагнітний клапан пуску концентрату мийного розчину; 11 – ємність; 12 – контрольний датчик температури; 13 – блок керування; 14 – електромагнітні клапани пуску повітря; 15 – датчики вакуумметричного тиску; 16 – датчики температури; 17 – фотодатчики; 18 – фотодіоди; 19 – фоторезистори; 20 – гідроінжектори; 21 – електромагнітний клапан пуску мийного розчину

Використання автоматичної системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок, в якій за рахунок встановлених додаткових датчиків тиску, датчиків температури, фотодатчиків, що складаються з фотодіодів і фоторезисторів, електромагнітних клапанів пуску повітря (повітряних інжекторів) і мийного розчину (гідроінжекторів), дозволяє виконувати відповідний технологічний процес із більш високою продуктивністю і якістю при зменшенні втрат води і енерговитрат.

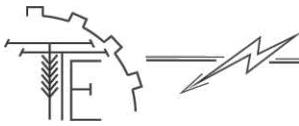
### 3. Мета дослідження

Метою досліджень є проведення виробничої перевірки розробленої автоматизованої системи промивання молокопровідних ліній доїльних установок.

### 4. Матеріали і методи дослідження

Виробнича перевірка автоматичної системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок були проведені в умовах реальних фермерських господарств ПП «АФ Батьківщина» і ПП «Радівське». На першій фермі технологічний процес доїння виконувався на доїльній установці з верхнім молокопроводом УДМ-100 «Брацлавчанка», а на другій – на доїльній установці з нижнім молокопроводом УДЕ-16 Ялинка. На обох установках використовувався автомат промивання АП-03 (БУАП-03), виробництва ТДВ «Брацлав».

Для проведення досліджень автомат промивання АП-03 (БУАП-03) було переоснащено відповідно до розробленої конструктивно-технологічної схеми (рис. 1). На блоку керування



експериментального зразка автоматичної системи промивання є можливість обирати режими промивання, відключати або включати повітряні і гідро- інжектори.

Виробнича перевірка проводилась для декількох режимів промивання. Фактор А – режими повітряних інжекторів представлено у таких варіантах: повітряні інжектори відключені; повітряні інжектори працюють із раціональними параметрами; повітряні інжектори працюють в адаптивному режимі. Фактор В – режими гідроінжекторів представлені у таких варіантах: гідроінжектори відключені; гідроінжектори працюють із раціональними параметрами. Фактор С – тривалість промивання: 5 хв попереднього ополіскування, 15 хв основного промивання миючим розчином, 5 хв остаточного ополіскування; 5 хв попереднього ополіскування, 30 хв основного промивання миючим розчином, 5 хв остаточного ополіскування; 5 хв попереднього ополіскування, тривалість основного промивання миючим розчином визначається з фотодатчиків (адаптивний), 5 хв остаточного ополіскування.

Раціональні режими роботи системи промивання молокопроводів доїльного обладнання із повітряним інжектором були визначені за умови мінімізації значення ступеня чистоти  $\theta_{\text{milk}}$  і швидкості зміни тиску  $\Delta p / \Delta t$ .

$$\begin{cases} \theta_{\text{milk}}(D_m, p_w, t_{\text{inj}}, t_p) \rightarrow \min, \\ \frac{\Delta p}{\Delta t}(D_m, p_w, t_{\text{inj}}, t_p) \rightarrow \min. \end{cases} \quad (1)$$

де  $\theta_{\text{milk}}$  – ступінь чистоти, %, яка визначається як зміна середнього значення товщина шару молока  $h_{\text{milk}}$  на стінці труби:

$$\theta_{\text{milk}} = (h'_{\text{milk}} - h''_{\text{milk}}) / h'_{\text{milk}} \cdot 100 \% \quad (2)$$

де  $\Delta p / \Delta t$  – швидкості зміни тиску, кПа/с (критерій, який обмежує режимні параметри роботи системи промивання із повітряним інжектором через ймовірність виникнення «некерованого» гідродудару):

$$\Delta p / \Delta t = (p_{\text{max}} - p_{\text{min}}) / (t_{\text{inj}} + t_p) \quad (3)$$

де  $h'_{\text{milk}}$  – початкове значення товщини шару молока на стінці труби, м;  $h''_{\text{milk}}$  – кінцеве значення товщини шару молока на стінці труби, м.

Адаптивний режим роботи повітряних інжекторів визначався за розробленим алгоритмом згідно отриманих залежностей зміни ступеня чистоти  $\theta_{\text{milk}}$  і зміни тиску за час такту впуску і паузи повітряного інжектора (швидкість зміни тиску)  $\Delta p / \Delta t$ :

$$\begin{aligned} \theta_{\text{milk}} = & 29,587 + 1,4239 p_w - 0,01554 p_w^2 + 0,06405 Q_v - 0,0000718 p_w Q_v + 0,00011 Q_v^2 - \\ & - 0,1219 t_{\text{inj}} - 0,00398 p_w t_{\text{inj}} + 0,000214 Q_v t_{\text{inj}} - 0,0803 t_{\text{inj}}^2 + 1,647 t_p + 0,00567 p_w t_p + \\ & + 0,00148 Q_v t_p + 0,1298 t_{\text{inj}} t_p - 0,3895 t_p^2. \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \Delta p / \Delta t = & - 9,25598 + 2,04533 p_w - 0,0117884 p_w^2 + 0,145057 Q_v - 12,0428 t_{\text{inj}} - \\ & - 0,0504414 p_w t_{\text{inj}} + 0,796128 t_{\text{inj}}^2 - 4,45978 t_p - 0,0270083 p_w t_p + 0,812068 t_{\text{inj}} t_p. \end{aligned} \quad (5)$$

Вирішуючи систему рівнянь (1), (4) і (5) у програмному пакеті Mathematica для різних значень діаметра молокопроводу отримуємо відповідні раціональні параметри режимів роботи інжектора:  $D = 50 \text{ мм} \rightarrow p_w = 45,0 \text{ кПа}$ ,  $t_{\text{inj}} = 6,1 \text{ с}$ ,  $t_p = 3,8 \text{ с}$ ,  $Q_v = 300 \text{ л/хв.}$ ,  $\theta_{\text{milk}} = 92,3 \%$ ,  $\Delta p / \Delta t = 42,0 \text{ кПа/с}$ .

Загальна кількість варіантів досліджень для обох доїльних установок становила 18, схема проведення виробничих випробувань представлена в табл. 1.

У якості критерію випробувань було прийнято якість молока, а саме кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, після його проходження через молокопровідну систему доїльної установки. Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів визначалася в сертифікованій лабораторії згідно з ДСТУ ISO 4833:2006 (відносна похибка вимірювань 5 %).

Також до системи водопостачання системи промивання було встановлено проточний лічильник для води NOVATOR ЛК-15Х з похибкою вимірювань  $\pm 1 \text{ л}$ . За допомогою зазначеного лічильника встановлювалися витрати води для кожного промивання.

Для оцінки енерговитрат доїльної установки під час промивання фіксувалися значення електролічильника трифазного NIK2303 AP3T.1000.M.11 (похибка вимірювань  $\pm 0,01 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$ ), який був встановлений перед всіма навантаженнями доїльної установки (електродвигуни, нагрівачі,





електронні блоки керування та ін.).

Таблиця 1

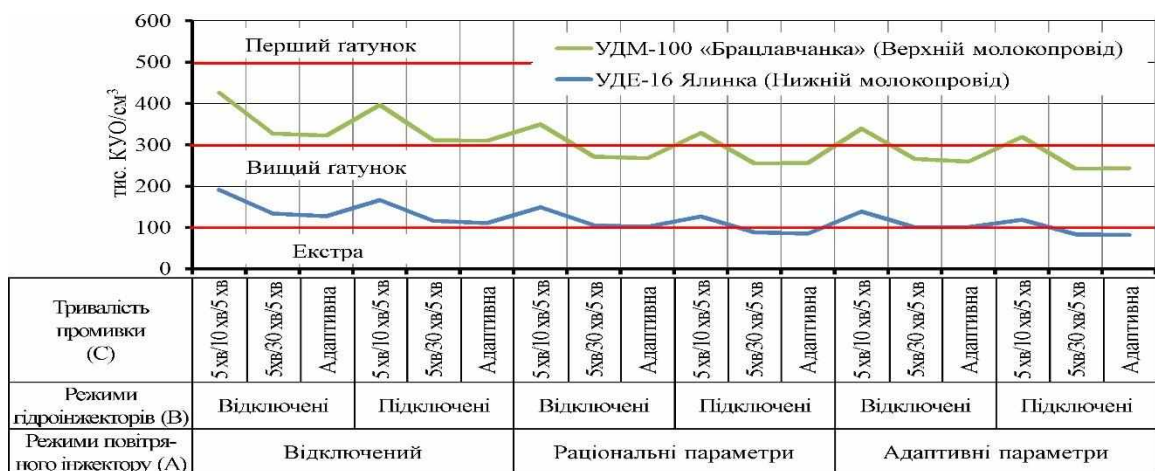
**Схема проведення виробничих випробувань**

№	Режими повітряного інжектора (А)	Режими гідроінжекторів (В)	Тривалість промивання (С)
1	Повітряний інжектор відключений	Гідроінжектори відключені	5 хв./10 хв. /5 хв.
2			5 хв./30 хв. /5 хв.
3			Адаптивна
4		Гідроінжектори підключені	5 хв./10 хв. /5 хв.
5			5 хв./30 хв. /5 хв.
6			Адаптивна
7	Раціональні параметри	Гідроінжектори відключені	5 хв./10 хв. /5 хв.
8			5 хв./30 хв. /5 хв.
9			Адаптивна
10		Гідроінжектори підключені	5 хв./10 хв. /5 хв.
11			5 хв./30 хв. /5 хв.
12			Адаптивна
13	Адаптивні параметри	Гідроінжектори відключені	5 хв./10 хв. /5 хв.
14			5 хв./30 хв. /5 хв.
15			Адаптивна
16		Гідроінжектори підключені	5 хв./10 хв. /5 хв.
17			5 хв./30 хв. /5 хв.
18			Адаптивна

Статистичну обробку результатів дослідів проводили з використанням дисперсійного аналізу у програмах Microsoft Excel і Statistica.

**5. Виклад основного матеріалу**

Дані щодо бактеріального забруднення молока, які отримані в результаті проведення виробничої перевірки, приведені на рис. 2. Аналіз отриманих даних показує, що на бактеріальне забруднення молока найбільший вплив чинить дія режимів повітряних інжекторів (фактор А) – 31,22-37,48 % і тривалість промивання (фактор С) – 54,47-57,89 %. Так найменше значення даного критерію спостерігається для варіанту із адаптивною тривалістю промивання і адаптивним режимом роботи повітряних інжекторів за підключених гідроінжекторів. Для УДЕ-16 Ялинка становить 82 тис. КУО/см<sup>3</sup> (екстра гатунок молока), а для УДМ-100 «Брацлавчанка» – 248 тис. КУО/см<sup>3</sup> (вищий гатунок молока). Найменша істотна різниця при цьому становить 10-12 тис. КУО/см<sup>3</sup>. Відповідно до розрахованого критерію Фішера попарна взаємодія факторів не впливає на критерій якості молока.



**Рис.2. Вплив режимів роботи розробленої системи промивання на кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів в молоці**

Дані щодо витрат води, які отримані в результаті проведення виробничої перевірки, приведені



на рис. 3. Аналіз отриманих даних показує, що на витрати води найбільший вплив чинить дія режимів гідроінжекторів (фактор В) – 10,60-14,58 % і тривалість промивання (фактор С) – 78,92-82,19 %. Найменші значення витрат води спостерігається для варіанту із найменшою тривалістю промивання (5 хв./10 хв./5 хв.) і адаптивним режимом роботи повітряних інжекторів за відключених гідроінжекторів. Для УДЕ-16 Ялинка становить 185 л, а для УДМ-100 «Брацлавчанка» – 268 л. Найменша істотна різниця при цьому становить 15 л. Відповідно до розрахованого критерію Фішера попарна взаємодія факторів не впливає на критерій витрат води. Показники витрат води залежно від тривалості промивання становили: 5 хв./15 хв./5 хв. – 185-222 л; 5 хв./30 хв./5 хв. – 257-319 л; адаптивна – 208-250 л. У свою чергу витрати води залежно від режимів повітряного і гідро інжекторів знаходились у таких діапазонах: гідроінжектори відключені – 185-286 л; гідро-інжектори підключені – 197-319 л; повітряний інжектор відключений – 195-312 л; раціональні параметри – 197-319 л; адаптивні параметри – 185-287 л.

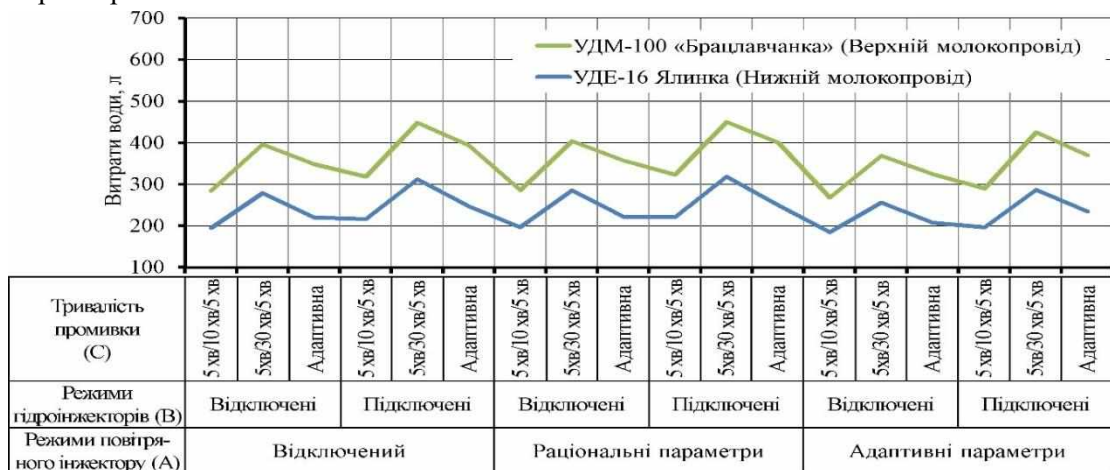


Рис.3. Вплив режимів роботи розробленої системи промивання на витрати води

Дані щодо витрат електроенергії під час одного промивання, які отримані в результаті проведення виробничої перевірки, приведені на рис. 4.

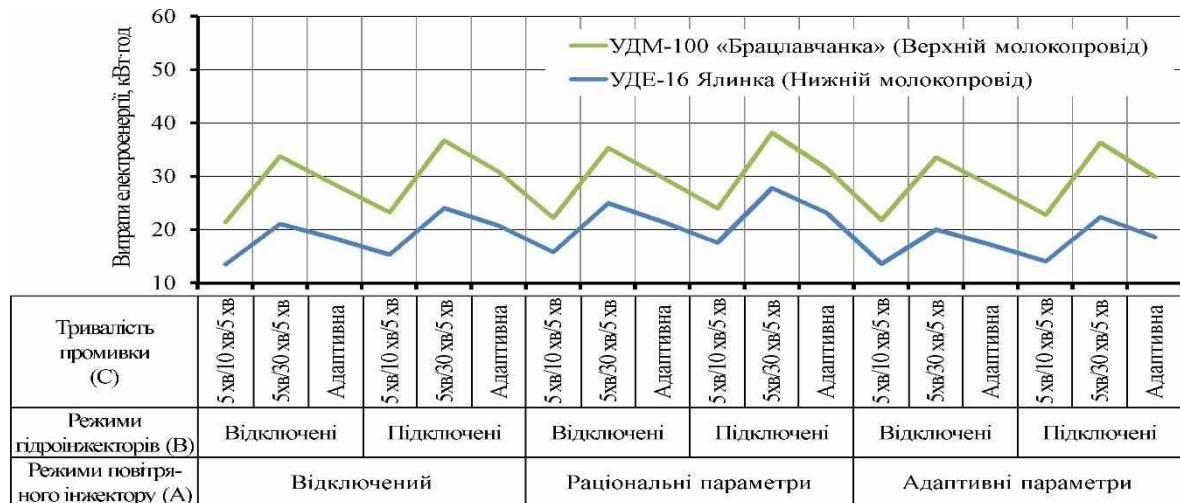


Рис.4. Вплив режимів роботи розробленої системи промивання на витрати електроенергії

Аналіз отриманих даних показує, що на витрати електроенергії під час одного промивання доїльної установки УДЕ-16 Ялинка найбільший вплив чинить дія режимів повітряних інжекторів (фактор А) – 17,79 % і тривалість промивання (фактор С) – 68,20 %. У свою чергу для доїльної установки УДМ-100 «Брацлавчанка» найбільший вплив чинить дія лише тривалість промивання (фактор С) – 91,34 %. Найменше значення зазначеного критерію спостерігається для базового варіанту. Для УДЕ-16 Ялинка становить 13,5 кВт·год., а для УДМ-100 «Брацлавчанка» – 21,4 кВт·год. Це є досить логічно, оскільки при базовому варіанті додаткове обладнання відключено і відповідно не споживає додаткової електроенергії. Найменша істотна різниця при цьому становить 1-1,1 кВт·год.



Відповідно до розрахованого критерію Фішера попарна взаємодія факторів не впливає на критерій енерговитрат процесу.

## 6. Висновки

На основі отриманих математичних моделей процесу роботи промивання доїльних установок із повітряним і гідро- інжекторами, а також фотодатчика визначення забрудненості молокопровідної лінії доїльної установки розроблено автоматичну систему її промивання, використання якої дозволяє виконувати відповідний технологічний процес із більш високою продуктивністю і якістю при зменшенні витрат води і енерговитрат.

У результаті виробничої перевірки режимів роботи автоматичної система промивання молокопровідної лінії доїльних установок встановлено, що найменше значення мікробіологічного забруднення молока (кількості мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів) спостерігається для варіанту із адаптивною тривалістю промивання і адаптивним режимом роботи повітряних інжекторів за підключених гідроінжекторів. Для УДЕ-16 Ялинка становить 82 тис. КУО/см<sup>3</sup> (екстра гатунок молока), а для УДМ-100 «Брацлавчанка» – 248 тис. КУО/см<sup>3</sup> (вищий гатунок молока).

Унаслідок виробничої перевірки режимів роботи автоматичної системи промивання молокопровідної лінії доїльних установок встановлено, що найменші значення витрат води спостерігаються для варіанту із найменшою тривалістю промивання (5 хв./10 хв./5 хв.) і адаптивним режимом роботи повітряних інжекторів за відключених гідроінжекторів. Для УДЕ-16 Ялинка становить 185 л, а для УДМ-100 «Брацлавчанка» – 268 л. Найменше значення енерговитрат спостерігається для базового варіанту системи промивання (без додаткового обладнання). Для УДЕ-16 Ялинка становить 13,5 кВт·год., а для УДМ-100 «Брацлавчанка» – 21,4 кВт·год.

## Список використаних джерел

1. Шевченко І. А., Алієв Е. Б. Науково-методичні рекомендації з багатокритеріального виробничого контролю доїльних установок. За редакцією доктора технічних наук, професора, член-кореспондента НААН України, І.А. Шевченка. Запоріжжя: Акцент Інвест-трейд. 2013. 156 с. ISBN 978-966-2602-41-VIII.
2. Paliy A. P., Ishchenko K. V., Bredykhin V. V., Gurskyi P. V., Levkin D. A., Antoniuk A. A., Opryshko A. Y., Kovalchuk Y. O., Anastasieva O. A., Paliy A. P. Effect of various milking equipment on milk ejection in high-yielding cows. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11(1). P. 18–24. doi: 10.15421/2020\_303.
3. Paliy A., Nanka O., Ishchenko K., Paliy A. Research on high-yielding dairy cow treatment techniques during milking. *ABAH Bioflux*. 2019. № 11(1). P. 1–11. <http://www.abah.bioflux.com.ro/>.
4. Paliy A., Aliiev E., Paliy A., Ishchenko K., Shkromada O., Musiienko Y., Plyuta L., Chekan O., Dubin R., Mohutova V. Development of a device for cleansing cow udder teats and testing it under industrial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. 1(1 (109)), 43–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224927>.
5. Ведищев С. М. Механизация доения коров: Учеб. пособие. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. 2006. 160 с.
6. Пунько А. И. Обоснование параметров автомата промывки доильной установки АП-100. *Вестник Нацыянальнай Акадэмі Навук Беларусь*. 2006. №5. С. 199–201.
7. Мамедова Р. А. Интенсификация циркуляционной промывки доильных установок: Дис. ... канд. техн. наук. Москва. 2008. 163 с.
8. Шевченко И. А., Алиев Э. Б. Стратегия разработки автоматизированной системы управления молочным скотоводством. *Вестник ВНИИМЖ. Серия: Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве*. Москва, 2013. № 3 (11). С. 37–43.
9. Линник Ю. А., Алиев Э. Б., Павленко С. И. Математическая модель движения молочно-воздушной смеси по молокопроводной линии доильной установки. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы *Международ. науч.-техн. конф.: в 3 т. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*. Минск, 2014. Т.3. С. 181–185.
10. Dmytriv V., Dmytriv I., Lavryk Yu., Horodeckyy I. Models of adaptation of the milking machines systems. *BIO Web of Conferences: Contemporary Research Trends in Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 10. 02004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20181002004>
11. Алієв Е. Б. Результати експериментальних досліджень вакуумної системи молочно-доїльного обладнання. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*.



- Мелітополь: ТДАТУ, 2012. Вип. 2, т. 2. С. 108–115.
12. Бабин, І. А. Дослідження явища адгезії між відкладеннями і поверхнею молокопровідної лінії. *VIII Всеукраїнська науково-технічна конференція «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»*. смт. Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ». 2-27 грудня 2019 р. Глеваха-Київ. С. 7–9.
  13. Матвеев В.Ю. Повышение эффективности промывки доильных установок на основе пневмомеханического интенсификатора с активными рабочими органами: Дис. ... канд. техн. наук. Москва. 2011. 141 с.
  14. Харьков С. В. Обоснование режима промывки доильной установки унифицированного ряда и разработка технических средств для его реализации: Дис. ... канд. техн. наук. Ростов-на-Дону. 1983. 143 с.
  15. Березуцкий В. И. Совершенствование технологии циркуляционной мойки молокопровода доильной установки УДС-3А: Дис. ... канд. техн. наук. зерноград. 2000. 158 с.
  16. Остроухов А. И. Повышение эффективности очистки доильно-молочного оборудования щелочными моющими растворами в воде различной жесткости: Дис. ... канд. техн. наук. Москва. 2013. 133 с.
  17. Остроухов А. И., Пучин Е. А. Современное моющее средство для очистки доильно-молочного оборудования. *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ*. 2012. № 5 (56). С. 14–17.
  18. Панин А. А. Совершенствование системы контроля внутренней поверхности молокопровода доильной установки. *Известия ОГАУ*. № 2 (26). Оренбург. 2010. С. 67–69.
  19. Бабин І. А., Яропуд В. М., Грицун А. В., Пришляк В. М. Патент України на корисну модель 140923, МПК А01J 7/02 (2006.01). Автоматична система промивання молокопровідної лінії доїльних установок. Заявник: Вінницький національний аграрний університет, № u201909823. Заявл. 16.09.2019. Опубл. 10.03.2020, бюл. № 5.

#### References

- [1] Shevchenko, I.A., Aliyev, E.B. (2013). Naukovo-metodychni rekomendatsiyi z bahatokryterial'noho vyrobnychoho kontrolyu doyl'nykh ustanovok [*Scientific and methodical recommendations on multicriteria production control of milking parlors*]. Edited by Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of NAAS of Ukraine, I.A. Shevchenko. Zaporozhye: Accent Invest-trade. ISBN 978-966-2602-41-VIII. [in Ukrainian].
- [2] Paliy, A.P., Ishchenko, K.V., Bredykhin, V.V., Gurskyi, P.V., Levkin, D.A., Antoniuk, A.A., Opryshko, A.Y., Kovalchuk, Y.O., Anastasieva, O.A., Paliy, A.P. (2021). Effect of various milking equipment on milk ejection in high-yielding cows. *Ukrainian Journal of Ecology*. 11(1). 18–24. doi: 10.15421/2020\_303. [in English].
- [3] Paliy, A., Nanka, O., Ishchenko, K., Paliy, A. (2019). Research on high-yielding dairy cow treatment techniques during milking. *ABAH Bioflux*. 11(1). 1–11. <http://www.abah.bioflux.com.ro>. [in English].
- [4] Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Ishchenko, K., Shkromada, O., Musiienko, Y., Plyuta, L., Chekan, O., Dubin, R., Mohutova, V. (2021). Development of a device for cleansing cow udder teats and testing it under industrial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 1(1(109)), 43–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224927>. [in English].
- [5] Vedishchev S.M. (2006). Mekhanizatsiya doyeniya korov: Ucheb. posobiye. Tambov: Izd-vo Tamb. gos. tekhn. un-ta. [in Russian].
- [6] Pun'ko, A. I. (2006). Obosnovaniye parametrov avtomata promyvki doil'noy ustanovki AP-100. *Vesshch Natsyyanal'nay Akademi Navuk Belarus'*. 5. 199–201. [in Russian].
- [7] Mamedova, R. A. (2008). Intensifikatsiya tsirkulyatsionnoy promyvki doil'nykh ustanovok: Dis. ... kand. tekhn. nauk. Moskva. [in Russian].
- [8] Shevchenko, I.A., Aliev, E.B. (2013). Strategy for the development of an automated management system for dairy cattle breeding. *VNIIMZh Bulletin. Series: Mechanization, automation and machine technologies in animal husbandry*. Moscow, 3 (11). 37–43. [in Russian].
- [9] Linnik, Yu.A., Aliev, E.B., Pavlenko, S.I. (2014). Mathematical model of the movement of the milk-air mixture along the milk line of the milking installation. *Scientific and technical progress in agricultural production: materials of the Intern. scientific and technical Conf. : in 3 volumes*. RUE "Scientific and Production Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Agricultural Mechanization". Minsk, 3. 181–185. [in Russian].
- [10] Dmytriv, V., Dmytriv, I., Lavryk, Yu., Horodeckyy, I. (2018). Models of adaptation of the milking



- machines systems. *BIO Web of Conferences: Contemporary Research Trends in Agricultural Engineering*. 10. 02004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20181002004>. [in English].
- [11] Aliyev, E.B. (2012). Rezul'taty eksperymental'nykh doslidzhen' vakuumnoyi systemy molochno-doyil'noho obladnannya. *Naukovyy visnyk Tavriys'koho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu*. Melitopol': TDATU, 2(2). 108–115. [in Ukrainian].
- [12] Babyn, I. A. (2019). Doslidzhennya yavlyshcha adheziyi mizh vidkladennyamy i poverkhneyu molokoprovodnoyi liniyi. *VIII Vseukrayins'ka naukovo-tekhnichna konferentsiya «Tekhnichnyy prohres u tvarynnytsvi ta kormovyrobnytsvi»*. smt. Hlevakha: NNTS «IMES·H». 2-27 hrudnya 2019 r. Hlevakha-Kyyiv. 7–9. [in Ukrainian].
- [13] Matveyev, V.YU. (2011). Povysheniye effektivnosti promyvki doil'nykh ustanovok na osnove pnevmomekhanicheskogo intensivatora s aktivnymi rabochimi organami: Dis. ... kand. tekhn. nauk. Moskva. [in Russian].
- [14] Khar'kov, S. V. (1983). Obosnovaniye rezhima promyvki doil'noy ustanovki unifitsirovannogo ryada i razrabotka tekhnicheskikh sredstv dlya yego realizatsii: Dis. ... kand. tekhn. nauk. Rostov-na-Donu. [in Russian].
- [15] Berezutskiy, V. I. (2000). Sovershenstvovaniye tekhnologii tsirkulyatsionnoy moyki molokoprovoda doil'noy ustanovki UDS-ZA: Dis. ... kand. tekhn. nauk. Zernograd. [in Russian].
- [16] Ostroukhov, A. I. (2013). Povysheniye effektivnosti ochistki doil'no-molochnogo oborudovaniya shchelochnymi moyushchimi rastvorami v vode razlichnoy zhestkosti: Dis. ... kand. tekhn. nauk. Moskva. [in Russian].
- [17] Ostroukhov, A. I., Puchin, Ye. A. (2012). Sovremennoye moyushcheye sredstvo dlya ochistki doil'no-molochnogo oborudovaniya. *Vestnik FGOU VPO MGAU*. 5(56). 14–17. [in Russian].
- [18] Panin, A. A. (2010). Sovershenstvovaniye sistemy kontrolya vnutrenney poverkhnosti molokoprovoda doil'noy ustanovki. *Izvestiya OGAU*. 2(26). Orenburg. 67–69. [in Russian].
- [19] Babyn, I. A., Yaropud, V. M., Hrytsun, A. V., Pryshlyak, V. M. Patent Ukrayiny na korysnu model' 140923, MPK A01J 7/02 (2006.01). Avtomatychna systema promyvannya molokoprovodnoyi liniyi doil'nykh ustanovok. Zayavnyk: Vinnyts'kyu natsional'nyy ahramnyy universytet, № u201909823. Zayavl. 16.09.2019. Opubl. 10.03.2020, byul. № 5. [in Ukrainian].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОВЕРКИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОМЫВАНИЯ МОЛОКОПРОВОДНОЙ ЛИНИИ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

*Создание автоматизированного технико-технологического обеспечения системы промывки доильных установок, интенсифицируя процесс без дополнительных затрат, приобретает первостепенное значение при решении задачи повышения качества молока. Целью исследований является проведение производственной проверки разработанной автоматизированной системы промывки молокопроводных линий доильных установок. На основе полученных математических моделей процесса работы промывания доильных установок с воздушным и гидро-инжекторами, а также фотодатчиками определения загрязненности молокопроводной линии доильной установки разработана автоматическая система ее промывки, использование которой позволяет выполнять соответствующий технологический процесс с более высокой производительностью и качеством при уменьшении потерь воды и энергозатрат.*

*В результате производственной проверки режимов работы автоматической системы промывки молокопроводной линии доильных установок установлено, что наименьшее значение микробиологического загрязнения молока (количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов) наблюдается для варианта с адаптивной продолжительностью промывки и адаптивным режимом работы воздушных инжекторов с подключенными гидроинжекторами. Для УДЕ-16 Елочка составляет 82 тыс. КОЕ/см<sup>3</sup> (экстра сорт молока), а для УДМ-100 «Брацлавчанка» – 248 тыс. КОЕ/см<sup>3</sup> (высший сорт молока).*

*В результате производственной проверки режимов работы автоматической системы промывки молокопроводной линии доильных установок установлено, что наименьшие значения расхода воды наблюдаются для варианта с наименьшей продолжительностью промывки (5 мин / 10 мин / 5 мин) и адаптивным режимом работы воздушных инжекторов с отключенными гидроинжекторами. Для УДЕ-16 Елочка составляет 185 л, а для УДМ-100 «Брацлавчанка» – 268 л. Наименьшее значение энергозатрат наблюдается для базового варианта системы промывки (без*



дополнительного оборудования). Для УДЕ-16 Елочка составляет 13,5 кВт·ч., А для УДМ-100 «Брацлавчанка» – 21,4 кВт·ч.

**Ключевые слова:** доильные установки, система промывки, параметры, испытания, автоматизация.

**Ф. 5. Табл. 1. Рис. 4. Лит. 19.**

## RESULTS OF THE PRODUCTION INSPECTION OF THE AUTOMATIC MILK WASHING LINE OF MILKING INSTALLATIONS

*Creation of automated technical and technological support of the system of washing milking installations, which intensifies the process without additional costs, becomes of paramount importance in solving the problem of improving the quality of milk. The purpose of the research is to conduct a production inspection of the developed automated system for flushing milk lines of milking parlors. On the basis of the received mathematical models of process of work of washing of milking installations with air and hydro-injectors, and also the photodetector of definition of pollution of the milk line of the milking parlor the automatic system of its washing is developed. energy consumption.*

*As a result of industrial inspection of automatic milking line washing systems, it was found that the lowest value of microbiological contamination of milk (number of mesophilic aerobic and facultative-anaerobic microorganisms) is observed for the variant with adaptive washing duration and adaptive mode of air injectors. For UDE-16 the Christmas tree makes 82 thousand CFU/cm<sup>3</sup> (extra grade of milk), and for UDM-100 "Bratslavchanka" – 248 thousand CFU/cm<sup>3</sup> (the highest grade of milk).*

*As a result of production inspection of the automatic milking line washing system of milking installations, it was found that the lowest values of water consumption are observed for the variant with the shortest washing duration (5 min/10 min/ 5 min) For UDE-16 the Christmas tree makes 185 l, and for UDM-100 "Bratslavchanka" – 268 l. The lowest value of energy consumption is observed for the basic version of the flushing system (without additional equipment). For UDE-16 the Christmas tree makes 13,5 kWh, and for UDM-100 "Bratslavchanka" – 21,4 kWh.*

**Key words:** milking parlors, washing system, parameters, tests, automation.

**F. 5. Table. 1. Fig. 4. Ref. 19.**

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Бабин Ігор Анатолійович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [ihorbabyn@gmail.com](mailto:ihorbabyn@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-7070-4957> ).

**Бабин Игорь Анатольевич** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры машин и оборудования сельскохозяйственного производства Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: [ihorbabyn@gmail.com](mailto:ihorbabyn@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-7070-4957> ).

**Ihor Babyn** – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of machinery and equipment for agricultural production of Vinnytsia National Agrarian University (St. Soniachna, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: [ihorbabyn@gmail.com](mailto:ihorbabyn@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-7070-4957> ).