

УДК 631.363

## ВСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ МОЛОЧНОЇ КАМЕРИ КОЛЕКТОРА НА РЕЖИМИ РОБОТИ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

О. В. Медведський\*, О. М. Ачкевич\*\*, В. І. Ачкевич\*\*

e-mail: aleksmedvedsky@gmail.com, achkevych@gmail.com, achkevychv@gmail.com

\*Житомирський національний агрокологічний університет

Старий бульвар, 7, м. Житомир, 10008, Україна

\*\*Національний університет біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03040, Україна

Конструкційні рішення серійних колекторів доїльних апаратів не достатньо повно враховують особливості транспортування молока до верхнього молокопроводу доїльної установки. Проведена оцінка вказує, що не розкритим залишається питання узгодження інтенсивності молоковіддачі з режимами функціонування доїльного апарату. Вченими відзначається, що режим транспортування впливає на якісні показники молока. Так, неконтрольовані змінні у часі швидкості потоку у гнучкому молокопроводі викликають диспергування жирних кульок та спінювання молока, що погіршує його технологічні властивості. Встановлено вплив конструкційно-технологічних параметрів молочної камери та молочного патрубку колектора доїльного апарату на підвищення ефективності технологічного процесу машинного доїння корів. Наповненість молочної камери колектора впливає на інтенсивність виведення молока до молокопроводу доїльної установки. Визначений рівень молока у молочній камері колектора забезпечує достатній градієнт тиску для ефективного виведення молока. Збільшений об'єм молочної камери колектора не забезпечує вказаних умов, тому прийнятний для інтенсивного доїння. При цьому, вищій інтенсивності молоковіддачі притаманна менша швидкість потоку молока у молочному патрубку. Зменшення конструкційного об'єму молочної камери колектора призводить до зростання величини приросту тиску повітря, що прискорює потік молока у перерізі молочного патрубка, незалежно від його діаметра. Встановлено, що швидкість потоку молока в перерізі молочного патрубка зменшується зі збільшенням його діаметра. Отримана математична модель, яка пов'язує інтенсивність молоковіддачі з технологічними параметрами розробленого колектора, залежно від режимів доїння. Встановлено раціональні співвідношення між конструкційним об'ємом молочної камери колектора доїльного апарату та діаметром молочного патрубка.

**Ключові слова:** машинне доїння, якість молока, інтенсивність молоковіддачі, молокозбірна камера, молочний патрубок.

### Постановка проблеми

Незважаючи на досить високий рівень розвитку сучасних систем машинного доїння корів, залишається актуальним питання забезпечення фізіологічно адекватних режимів роботи доїльних апаратів та їх гармонічного поєднання з раціональними режимами транспортування видоєного молока з молокозбірної камери колектора до верхнього молокопроводу доїльної установки. Якість отриманого молока, при цьому, залишається незадовільною внаслідок значного впливу потоку повітря на мікроструктуру молока. У процесі транспортування з молокозбірної камери колектора доїльного апарату до верхнього молокопроводу молоко піддається сукупному впливу гідромеханічних, біологічних та аераційних факторів. Це призводить до зміни дисперсного складу молочного жиру і структури оболонки жирних кульок, підвищується вміст

вільних жирних кислот, виникає дезагрегація казеїнових міцел, спінювання, утворюються масляні конгломерати, зростає бактеріальне забруднення і, як наслідок, погіршується якість продуктів переробки молока [1, 2].

Тому дослідження, розроблення та конструювання принципово нового доїльного апарату з адекватним режимом роботи щодо мінімального впливу на фізико-хімічні якості молока, що забезпечить збереження його технологічних властивостей, є актуальним питанням галузі машинного доїння корів.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження та встановлення раціональних режимних характеристик доїльних апаратів, молокоповітряної лінії доїльних установок, оптимізація конструкційних параметрів доїльних апаратів викладені у працях М. К. Базарова, Л. П. Каргашова, І. А. Хозяєва, З. Я. Жук, А. І. Фененко, С. П. Ліщинського,

В. В. Герасимчука та інших. Більшість наукових робіт спрямовані на вивчення питання покращення якісних показників роботи доїльних установок шляхом удосконалення режиму роботи чи конструкції доїльного апарату. Частина праць присвячена порівнянню та удосконаленню технологій доїння та їх впливу на якість молока. Відзначається, що найбільш важливим показником оцінки ефективності роботи доїльної установки є оптимізація конструкційних параметрів та режимних характеристик виконавчих механізмів та доїльного апарату зокрема. З цією метою розроблялися рішення, спрямовані на стабілізацію тиску у піддійковому просторі доїльних стаканів як один із шляхів збереження здоров'я тварин та якості отриманого молока [3, 4]. Зокрема, доведено позитивний вплив раціонального об'єму вакуумної системи на стабільність роботи виконавчих механізмів доїльної установки [5, 6].

Не вирішеним залишається питання встановлення раціонального співвідношення між конструкційними параметрами молочної камери колектора та ощадними режимами транспортування молока молочним шлангом до молокопроводу. Для цього необхідно узгодити подачу повітря до молочної камери, впродовж такту стиснення, та інтенсивність молоковіддачі, з метою забезпечення транспортуючої різниці тиску.

Тому відсутність науково обґрунтованих конструкційно-технологічних параметрів та режимів роботи спонукає до проведення досліджень у напрямку встановлення раціональної структурно-функціональної схеми колектора доїльного апарату.

#### Мета, завдання та методика досліджень

Підвищення ефективності процесу машинного доїння корів шляхом розроблення конструкції та встановлення технологічних параметрів колектора доїльного апарату, що забезпечать транспортування молока до верхнього молокопроводу зі збереженням його технологічних показників якості.

Для досягнення поставленої мети скористаємося методами теоретичних досліджень, котрі базуються на застосуванні теорії математичного моделювання з використанням основних положень інтегрального та диференціального числення,

гідрогазодинаміки, теплотехніки та вакуумної техніки (методи класичних наук). Обробка результатів досліджень потребує застосування положень теорії ймовірності та математичної статистики, використання пакету прикладних програм Statistica 10 і Microsoft Excel 2010.

#### Результати досліджень

Різноманітність конструкційних рішень колекторів доїльних апаратів, щодо виведення молока із молочної камери (від неперервного до порційного) та способів впуску повітря (постійно або періодично) для забезпечення бажаного градієнту тиску, вказує на відсутність раціональної структурно-функціональної адаптованої до зоотехнічних вимог схеми. Особливості конструкційного виконання та параметрів молочної камери визначають якісні показники та режими роботи доїльного апарату в цілому та якість отриманого молока зокрема.

Розглянемо вплив конструкційних параметрів молочної камери колектора на характер зміни тиску. Під час такту ссання до молочної камери колектора надходить молоко зі швидкістю молоковіддачі  $Q_m$ . Одночасно через молочний шланг до молокопроводу надходить молоко зі швидкістю  $Q_{mm}$ . Кількість молока, яка залишається у молочній камері колектора, залежить від прохідності вивідної системи, тобто молочного патрубка, становить:

$$Q_{mk} = Q_m - Q_{mm}, \quad (1)$$

де  $Q_m$  – інтенсивність молоковіддачі, м<sup>3</sup>/с;  
 $Q_{mm}$  – інтенсивність потоку молока через молочний патрубок колектора, м<sup>3</sup>/с.

При постійній різниці потоків, тиск у молочній камері зростає на величину, пропорційну зменшенню її вільного об'єму. Відповідно до закону Бойля-Маріотта [7, 8] можна записати:

$$p_k V_k = p_n (V_k - V_m), \quad (2)$$

де  $p_k$  – тиск у молочній камері колектора на початку такту ссання, кПа;

$V_k$  – конструкційний об'єм молочної камери колектора, м<sup>3</sup>;

$p_n$  – тиск повітря у молочній камері колектора під час молоковіддачі, кПа;

$V_m$  – об'єм, який займає молоко у молочній камері колектора під час такту ссання, м<sup>3</sup>.

Приріст тиску  $\Delta p$  у молочній камері колектора, під час машинного доїння,

визначається вільним від молока об'ємом. З урахуванням рівняння (2) запишемо:

$$\Delta p = p_k - p_n = \frac{p_k (V_k - V_n)}{V_n}, \quad (3)$$

де  $V_n$  – об'єм, який займає повітря (об'єм вільний від молока) у молочній камері впродовж такту ссання,  $V_n = V_k - V_m$ , м<sup>3</sup>.

При допущенні постійності молоковидедення ( $Q_{mk} = const$ ) досягається незмінність об'єму молока ( $V_m = const$ ) у колекторі. У такому випадку, тиск у молокозбірній камері колектора знижується зі збільшенням її об'єму, оскільки зменшується перепад тиску  $\Delta p$ . Внаслідок цього зменшується транспортуюча різниця тисків ( $\Delta p_T$ ), при

незмінному тиску у молокопроводі ( $p_{mn}$ ). Таким чином, об'єм молочної камери колектора має суттєвий вплив на ефективність процесу молоковидедення.

При зростанні інтенсивності молоковіддачі та незмінній величині постійної часу молоковидедення ( $\tau_l$ ) під час такту ссання, змінюється об'єм, який займає молоко ( $V_m$ ) та, відповідно, величина приросту тиску ( $\Delta p$ ) у молочній камері колектора (рис. 1):

$$V_m = Q_{mk} \cdot \tau_l, \quad (4)$$

де  $\tau_l$  – постійної часу молоковидедення під час такту ссання, с.

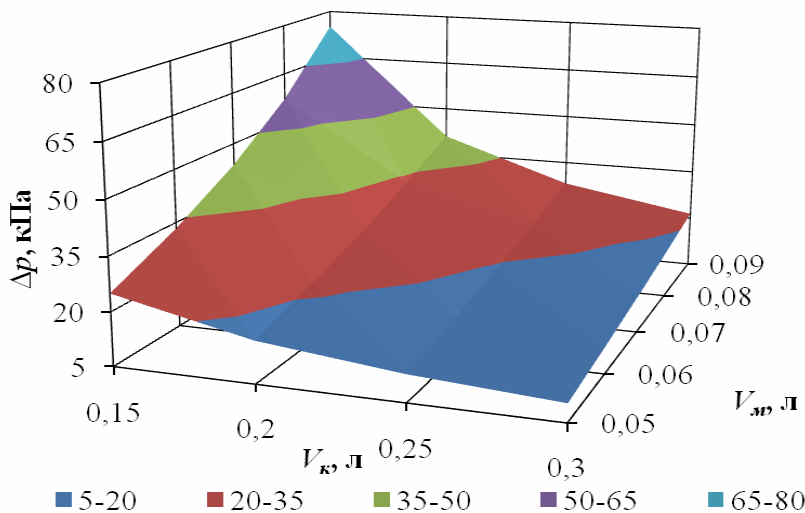


Рис. 1. Залежність приросту тиску ( $\Delta p$ ) від конструкційного об'єму молокозбірної камери колектора ( $V_k$ ) та рівня заповнення її молоком ( $V_m$ )

Зі збільшенням об'єму молочної камери колектора (рис. 1) спостерігається менший приріст тиску ( $\Delta p$ ) незалежно від швидкості молоковіддачі при незмінній величині постійної часу молоковидедення під час такту ссання. Регулюючим впливом на рівень зміни тиску у молочній камері може бути прохідність вивідної системи, а саме, діаметр молочного патрубку колектора. В такому випадку будемо мати різну інтенсивність потоку молока ( $Q_{mm}$ ).

Постійну часу молоковидедення та тривалість такту ссання розглянемо як параметр, який є складовою циклу доїння, тобто, виконується рівність:

$$\frac{V_m}{Q_{mk}} = t_{cc}, \quad (5)$$

де  $t_{cc}$  – тривалість такту ссання, с.

З урахуванням рівняння нерозривності потоку [7, 8], рівнянь (1), (4) та (5), отримаємо:

$$v_{mm} S_{mn} = \frac{V_m}{t_{cc}} - Q_m, \quad (6)$$

де  $S_{mn}$  – площа поперечного перерізу молочного патрубку колектора, м<sup>2</sup>.

Виділимо швидкість потоку молока ( $v_{mm}$ ) в перерізі молочного патрубку колектора при інтенсивності молоковідведення  $Q_{mm}$  (рис. 2):

$$v_{mm} = \frac{4(V_m - Q_m t_{cc})}{\pi d_{mn}^2 (1 - t_{cc})}, \quad (7)$$

де  $d_{mn}$  – діаметр молочного патрубку колектора, м.

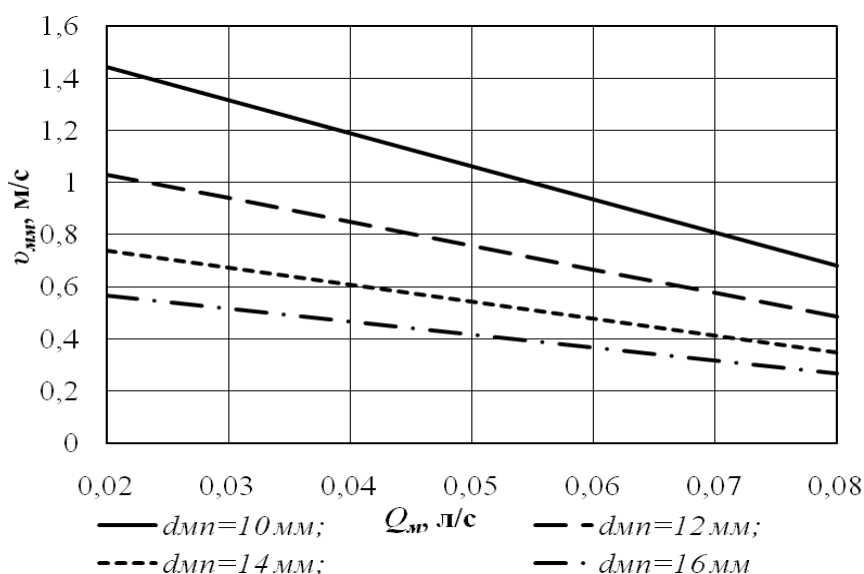


Рис. 2. Залежність швидкості потоку молока ( $v_{mн}$ ) від інтенсивності молоковіддачі ( $Q_m$ ) та діаметра молочного патрубку колектора ( $d_{mн}$ )

Без врахування втрат напору швидкісний коефіцієнт  $\varphi=1$  [9], швидкість потоку молока (рис. 2) у перерізі молочного патрубку колектора зменшується зі збільшенням його внутрішнього діаметра ( $d_{mн}$ ) та збільшенням інтенсивності молоковіддачі ( $Q_m$ ) при постійній тривалості такту ссання (рис. 3).

Незалежно від інтенсивності молоковіддачі швидкість потоку молока в перерізі молочного патрубку колектора, зростає при збільшенні рівня молока у молокозбірній камері колектора

за умови незмінної тривалості такту ссання (рис. 3). Для колекторів з меншим конструкційним об'ємом молочної камери ( $V_k$ ) зростає наповненість її молоком ( $V_m$ ). У такому випадку, відповідно до графічних залежностей на рис. 1, збільшується тиск ( $\Delta p + p_k$ ) повітря, що прискорює потік молока ( $v_{mн}$ ) у перерізі молочного патрубку, незалежно від його діаметра.

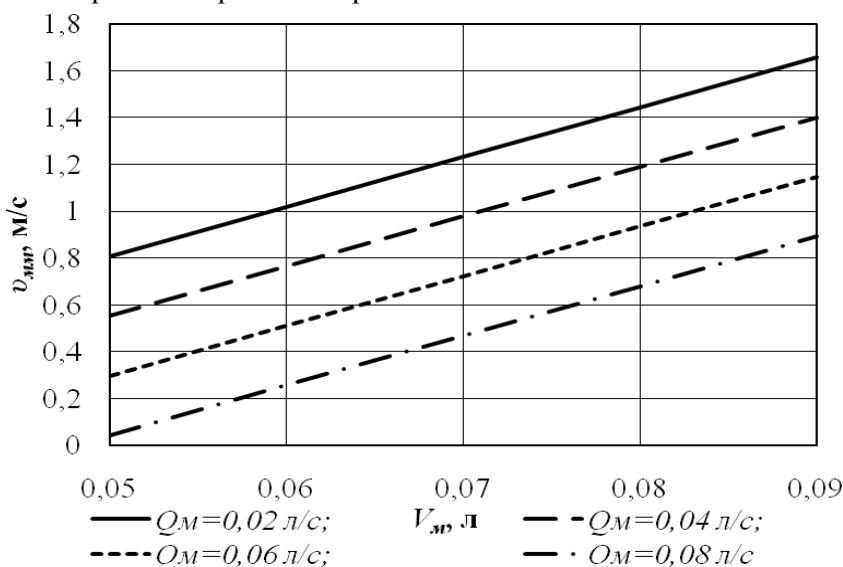


Рис. 3. Залежність швидкості потоку молока ( $v_{mн}$ ) від рівня молока ( $V_m$ ) у молокозбірній камері та інтенсивності молоковіддачі ( $Q_m$ ) при діаметрі молочного патрубку колектора  $d_{mн}=10$  мм

Для графічних залежностей на рис. 3 прийнято допущення  $t_{cc}=const$ , тому логічним є зменшення швидкості потоку молока ( $v_{mm}$ ) в перерізі молочного патрубку колектора при збільшенні інтенсивності молоковіддачі ( $Q_m$ ). Зрозумілим є висновок, що у період зростання молоковіддачі необхідно збільшити частоту пульсації за рахунок скорочення тривалості такту ссання, що є складовою закордонних доїльних апаратів з адаптованим режимом роботи. Це, в свою чергу, сприятиме зростанню швидкості потоку молока при заданих режимних умовах функціонування доїльного апарата.

#### Висновки та перспективи подальших досліджень

Конструкційно-технологічні параметри молочної камери та молочного патрубка колектора мають суттєвий вплив на забезпечення якісного технологічного процесу машинного доїння корів, незалежно від їх продуктивності. Доведено, що швидкість молоковидедення зростає при збільшенні рівня молока у молокозбірній камері колектора за рахунок збільшення приросту тиску повітря. Це покращує ефективність транспортування молока молочним шлангом до верхнього молокопроводу доїльної установки.

Тому, прийнятними можуть вважатися конструкційно-технологічні рішення колектора доїльного апарата, котрі поєднують раціональний об'єм молочної камери та діаметр молочного патрубка з інтенсивністю молоковіддачі.

#### References

1. Kartashov, L. P. (1982). *Mashinnoye doeniye korov* [Machine milking of cows]. Moscow: Kolos [in Russian].
2. Fenenko, A. I. (2008). *Mekhanizatsiya doynnya koriv. Teoriya i praktyka* [Mechanization of milking cows. Theory and practice]. Kyiv: NNTs «IAE» [in Ukrainian].
3. Paliy, A. P. (2016). *Vplyv molokoprovodnykh system doilnykh ustanovok na spozhyvchi pokaznyky moloka*. [Influence milking system of milking plants on consumer indicators of milk]. *Tvarynnytstvo Ukrainy*, 9, 20–22 [in Ukrainian].
4. Smolyar, V. (2014). *Riven zakhvoryuvanosti koriv na mastyt za vykorystannya riznykh typiv doilnykh ustanovok* [The level of garget occurrence in cows when applying different types of milking

machines]. *Tekhnika i tekhnolohii APK*, 1, 17–20 [in Ukrainian].

5. Fenenko, A. I. (2007). *Tekhniko-tekhnolohichni aspekty udoskonalennia biotekhnichnoi lanky «mashyna-tvaryna» protsesu vyrobnytstva moloka*. [Technical and technological aspects of the improvement of the biotechnical link «a machine-animal» of the milk production process]. *Mekhanizatsiia i elektryfikatsiia silskoho hospodarstva*, 91, 65–77 [in Ukrainian].

6. Medvedskyi, O. V. (2014). *Vstanovlennya tekhniko-tekhnolohichnykh parametriv vakuumnoyi systemy mobilnoyi doylnoyi ustanovky* [Establishment of technical and technological parameters vacuum system for mobile milking machines]. *Suchasni problemy zbalansovanoho pryrodokorystuvannia : materialy IX nauk.-prakt. konf.*, 27–28 lystop. 2014 r. (pp. 165-168). Kamianets-Podilskyi: PDATU [in Ukrainian].

7. Loytsyanskiy, L. G. (2003). *Mekhanika zhidkosti i gaza* [Mechanics of liquid and gas]. Moscow: Drofa [in Russian].

8. Frolov, E. S. & Minaychev, V. E. [Eds.] (1992). *Vakuumnaya tekhnika: spravochnik* [Vacuum machinery reference book]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].

9. Idelchik, I. E. (1992). *Spravochnik po gidravlicheskim soprotivleniyam* [Reference book on hydrolic resistances]. Moscow: Mashinostroyeniye [in Russian].

#### THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF MILK CHAMBER OF THE COLLECTOR ON OPERATING MODES OF THE MILKING MACHINE

**O. Medvedskyi, O. Achkevych, V. Achkevych**

*e-mail: aleksmedvedsky@gmail.com,*

*achkevych@gmail.com, achkevychv@gmail.com*

\*Zhytomyr National Agroecological University  
Staryi Blvd., 7, Zhytomyr, Ukraine, 10008

\*\*National University of Life

and environmental sciences of Ukraine

Heroev Oborony str., 15, Kyiv, Ukraine, 03040

*Structural solutions of the serial collectors of milking machines do not fully take into account the peculiarities of milk transportation to the upper milk pipe of milking machine. The assessment shows that the issue of matching the intensity of milk yield with the functioning modes of the milking machine remains unclear. Scientists note that the milk transportation mode affects the quality of milk. Thus, uncontrolled variables over time of milk velocity in a*

flexible line of milk cause dispersion of fat globules and foaming of milk, which worsens its technological properties. The influence of the structural and technological parameters of the milk chamber and the milk tubulure of the milking machine's collector on improving the efficiency of the technological process of machine milking of cows is established. The fullness of the milk chamber of the collector influences the intensity of the milk output to the line of milk of the milking unit. A certain level of milk in the milk chamber of the collector provides a sufficient pressure gradient for effective milk elimination. The increased volume of the milk chamber of the collector does not provide the indicated conditions, therefore it is acceptable for intensive milking. At the same time, the higher intensity of milk yield is associated with a lower flow rate of milk in the milk tube. Reduction of the structural volume of the milk chamber of the collector leads to an increase in the magnitude of the increase in air pressure, which accelerates the flow of milk in the section of milk tubulure, regardless of its diameter. It is established that the flow rate of milk in the section of the milk pipe decreases with increasing diameter. The obtained mathematical model, which relates the intensity of milk yield to the technological parameters of the developed collector, depending on the milking regime. Rational relations between the structural volume of the milk chamber of the milking machine's collector and the diameter of the milk flexible pipe are established.

**Keywords:** machine milking, milk quality, intensity of milk yield, milk chamber of collector, milk tubulure of collector

#### УСТАНОВЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОЛОЧНОЙ КАМЕРЫ КОЛЛЕКТОРА НА РЕЖИМЫ РАБОТЫ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА

А. В. Медведский<sup>\*</sup>, О. Н. Ачкевич<sup>\*\*</sup>,  
В. И. Ачкевич<sup>2</sup>

e-mail: [aleksmedvedsky@gmail.com](mailto:aleksmedvedsky@gmail.com),  
[achkevych@gmail.com](mailto:achkevych@gmail.com), [achkevychv@gmail.com](mailto:achkevychv@gmail.com)

<sup>\*</sup>Житомирский национальный  
агроэкологический университет  
бульвар Старый, 7, г. Житомир, 10008, Украина

<sup>\*\*</sup>Национальный университет биоресурсов и  
природопользования Украины  
ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03040, Украина  
Конструкционные решения серийных  
коллекторов доильных аппаратов недостаточно

полно учитывают особенности транспортировки молока к верхнему молокопроводу доильной установки. Проведенная оценка указывает, что не раскрытым остается вопрос согласования интенсивности молокоотдачи с режимами функционирования доильного аппарата. Учеными отмечается, что режим транспортировки влияет на качественные показатели молока. Так, неконтролируемые переменные во времени скорости потока в гибком молокопроводе вызывают диспергирования жировых шариков и вспенивания молока, что ухудшает его технологические свойства. Установлено влияние конструкционно-технологических параметров молочной камеры и молочного патрубка коллектора доильного аппарата на повышение эффективности технологического процесса машинного доения коров. Наполненность молочной камеры коллектора влияет на интенсивность вывода молока в молокопровод доильной установки. Определенный уровень молока в молочной камере коллектора обеспечивает достаточный градиент давления для эффективного выведения молока. Увеличенный объем молочной камеры коллектора не обеспечивает указанных условий, поэтому приемлемый для интенсивного доения. При этом, высшей интенсивности молокоотдачи присуща меньшая скорость потока молока в молочном патрубке. Уменьшение конструкционного объема молочной камеры коллектора приводит к росту величины прироста давления воздуха, что ускоряет поток молока в сечении молочного патрубка, независимо от его диаметра. Установлено, что скорость потока молока в сечении молочного патрубка уменьшается с увеличением его диаметра. Получена математическая модель, которая связывает интенсивность молокоотдачи с технологическими параметрами разработанного коллектора, в зависимости от режимов доения. Установлено рациональные соотношения между конструкционным объемом молочной камеры коллектора доильного аппарата и диаметром молочного патрубка.

**Ключевые слова:** машинное доение, качество молока, интенсивность молокоотдачи, молокозборная камера, молочный патрубок