

ВСТАНОВЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ МОЛОКА ВІД КОЛЕКТОРА ДО МОЛОКОПРОВОДУ

Ачкевич О.М., Ачкевич О.І.

Національний університет біоресурсів та природокористування України

В роботі дано аналіз проблем втрат вакуумметричного тиску при транспортуванні порції видоєного молока від колектора до молокопроводу. Визначено основні напрямки покращення відведення молока з доїльного апарата в верхній молокопровід та зниження негативного впливу на мікроструктуру молочного жиру.

Ключові слова: *молокопровід, доїльний апарат, колектор, режим транспортування, молочний шланг, дроселюючий отвір, втрати тиску*

Актуальність проблеми. Доїльне обладнання, яке існує на ринку, в більшості випадків не відповідає природній інтенсивності молоковіддачі. В результаті чого спостерігаються такі негативні явища як, нестабільність вакуумметричного тиску під сосками вимені, зворотній потік молока, спадання підвісної частини доїльного апарата. Все це негативно впливає не тільки на якість молока, але й значно збільшує час доїння та відповідно затрати праці. Неповне видоювання призводить до зниження продуктивності корів та ймовірності захворювання на мастит. Нестабільний вакуумметричний тиск під соском призводить до ефекту наповзання підвісної частини на вим'я, що негативно впливає на кровообіг і стан вимені вцілому.

Існує проблема виведення видоєного молока з молокозбірної камери колектора у верхній молокопровід (для доїльних установок типу «молокопровід»). Особливо це стосується процесу машинного доїння високопродуктивних корів, коли має місце несвоєчасне відведення молока із колектора та пульсація потоку в молочному шлангові. За даними досліджень [1,2,3] встановлено, що при доїнні у верхній молокопровід втрати молочного жиру становлять від 0,16 до 0,3 %. Крім того збівтування молока в молочних шлангах створює багато піни, вміст жиру в якій досягає 12–15 %. Найбільша кількість мікроорганізмів знаходиться у змивах з колектора та з молокопроводу. Причиною є недотримання та порушення технології доїння [4,5,7]. Це вимагає посилення уваги до технології доїння оскільки через її порушення, втрати молока можуть становити від 25 до 30 % [5,6,8]. В результаті неповного видоювання молока із вим'я втрачається до 12 % його жирності [5, 6].

Аналіз останніх досліджень. Транспортувальна властивість доїльного апарата не завжди відповідає інтенсивності доїння. За даними ряду вчених [9,10,16,18] при максимальній інтенсивності молоковіддачі, при доїнні типовими доїльними апаратами, може виникати зворотній потік молока. Це виникає через переповнення молоко збірної камери колектора і молоко провідного шланга молоком. Величини і рівень вакуумметричного тиску знижуються. Щоб знизити ймовірність виникнення цих явищ, в колектор доїльного апарата, через дросельний отвір, надходить атмосферне повітря. Створюється різниця тисків між колектором та молокопроводом, яка транспортує порцію видоєного молока.

Впуск повітря в колектор має великий вплив на транспортувальну спроможність доїльного апарата. При цьому кожному типу доїльних апаратів відповідає своя оптимальна подача повітря. Так для вітчизняних апаратів типу АДУ – 1 вона лежить в межах від 3 до 6 л / хв. [16], у зарубіжних моделях доїльних апаратів 4 – 12 л / хв [15]. Одночасний рух молока та повітря може характеризуватися зміною різних форм течії

від диспергованої до порційної. Диспергований режим руху характеризується різким зменшенням густини молоко повітряної суміші, що забезпечує транспортування по молоко повітряному шлангу з меншими втратами вакуумметричного тиску [8,16,18]. В той же час надмірна кількість повітря в колекторі проковує високу обсемененість молока бактеріями із-за контакту з повітрям.

Порційний режим руху характеризується періодичним рухом порцій повітря та порцій молока. При даному режимі спостерігається зворотній потік молока, переповнення колектора і молочного шланга молоком та нестабільність вакуумметричного тиску в молоко збірній камері колектора. Дослідженню внутрішнього діаметра молоко провідного шланга та його вплив на на зміну вакуумметричного тиску приділялось багато уваги [9,10,11,12,13,14,15]. Автор [10,11,12] вказує, що втрати вакуумметричного тиску сягають від 10 до 12 кПа при $d_{ш} = 13$ мм, при використанні пульсатора одночасної дії. При збільшенні $d_{ш} = 16$ мм втрати сягають від 5 до 6 кПа. Думки авторів [13,14,15] стверджують, що використання доїльного апарата в поєднанні з пульсатором попарної дії навпаки збільшує втрати тиску від 7 до 12 кПа. Тому існує проблема дослідження втрат вакуумметричного тиску при транспортуванні порції молока, залежність цих втрат від факторів та можливість їх зменшення.

Виклад основного матеріалу. До магістрального молокопроводу молоко транспортується молочним шлангом, довжина та діаметр якого визначають режим руху порції молока, отриманої впродовж такту ссання. Різниця тисків у молочній камері колектора та у молокопроводі становить рушійну силу, яка витрачається на подолання втрат тиску при надходженні порції молока до молокопроводу, тобто має виконуватись умова:

$$p_{нк} - p_{мл} > \Delta p_{т}, \quad (1)$$

де $p_{мл}$ – тиск в магістральному молокопроводі, кПа;

$\Delta p_{т}$ – втрати тиску в молочному шлангові на транспортування порції молока (рис. 1), кПа.

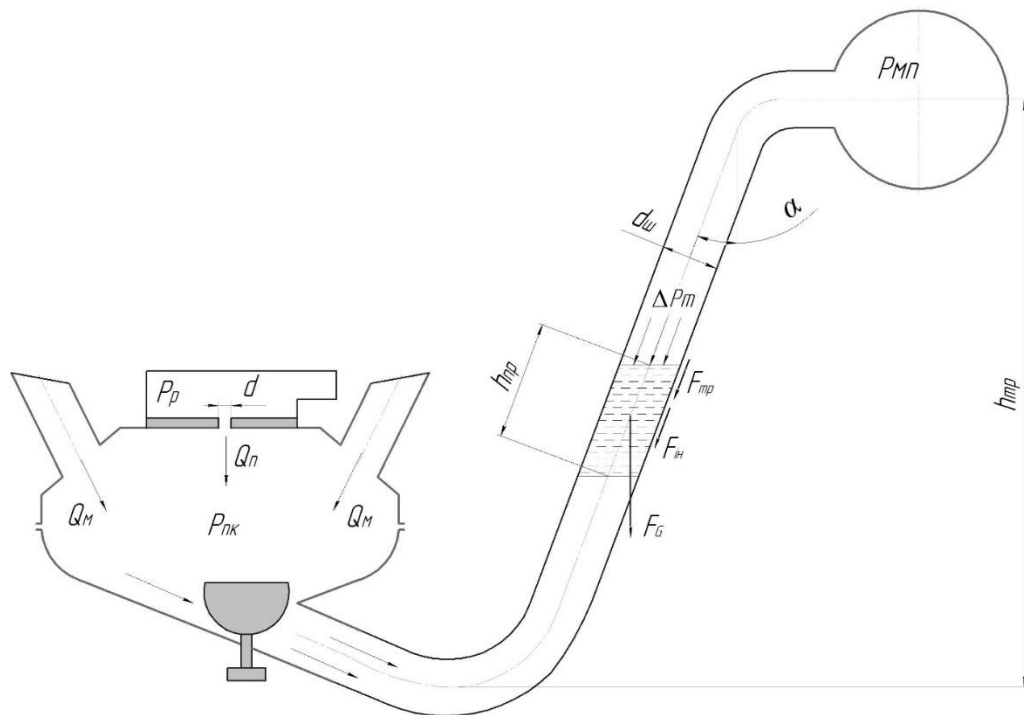


Рис.1. Схема руху порції молока та напрямок дії сил опору в молочному шлангові.

Будемо вважати, що порція молока, котра отримана за один такт ссання, є суцільною. Тоді, відповідно до рис. 1, для забезпечення умов її транспортування молочним шлангом складемо рівняння рівноваги:

$$\Delta p_{\tau} = p_G + p_{\text{тр}} + p_{\text{ін}}, \quad (2)$$

де p_G – втрати тиску на подолання сили ваги порції молока, кПа;

$p_{\text{тр}}$ – втрати тиску на подолання сили тертя в процесі руху порції молока молочним шлангом, кПа;

$p_{\text{ін}}$ – втрати тиску на подолання сил інерції, викликані зміною кінетичної енергії порції молока (пульсації потоку молока) під час транспортування, кПа.

Втрати тиску, спричинені вагою порції молока можна встановити за допомогою залежності:

$$p_G = \frac{V_{\text{нм}} \rho_m g}{S_{\text{ш}}} \cos \alpha = \rho_m g h_{\text{нр}} \cos \alpha, \quad (3)$$

де ρ_m – густина молока, кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

α – кут нахилу молочного шланга, за умови вертикального ($\alpha=0^\circ$) підйому молока $\cos \alpha=1$, град;

$V_{\text{нм}}$ – об'єм порції молока у молочному шлангові ($V_{\text{нм}}=h_{\text{нр}} \times S_{\text{ш}}$), м³;

$S_{\text{ш}}$ – площа перерізу молочного шланга, м²;

$h_{\text{нр}}$ – висота порції молока у молочному шлангові (рис. 1), м.

Висота порції молока у молочному шлангові визначається кількістю отриманого молока за один такт ссання, тобто, маємо:

$$h_{\text{нр}} = \frac{Q_m t_{\text{сс}}}{S_{\text{ш}}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4Q_m t_{\text{сс}}}{\pi d_{\text{ш}}^2}, \quad (4)$$

де $d_{\text{ш}}$ – діаметр молочного шланга, м.

Підставимо у рівняння (3) формулу (4), отримаємо:

$$p_G = \rho_m g \frac{2Q_m t_{\text{сс}}}{\pi d_{\text{ш}}^2} \cos \alpha. \quad (5)$$

Тривалість такту ссання ($t_{\text{сс}}$) впливає на вагу порції молока за умови постійної молоковіддачі (Q_m). Але молоковіддача, про що показано в першому розділі роботи, змінюється протягом процесу разового машинного доїння корів. Тому, втрати тиску на подолання сили ваги будуть збільшуватись в процесі машинного доїння корови (рис. 2).

При збільшенні діаметра ($d_{\text{ш}}$) молочного шланга (рис. 2) тиск, який чинить порція молока на одиницю площі поперечного перерізу молокопроводу (p_G) знижується в межах маси отриманої порції за умови фіксованої інтенсивності молоковіддачі (Q_m).

Незалежно від діаметра молочного шланга ($d_{\text{ш}}$) тиск сили ваги порції молока (p_G) зростає зі збільшенням інтенсивності молоковіддачі (Q_m). Зменшення кута α викликає незначне зростання тиску сили ваги порції молока (p_G), а при збільшенні кута α – зниження тиску.

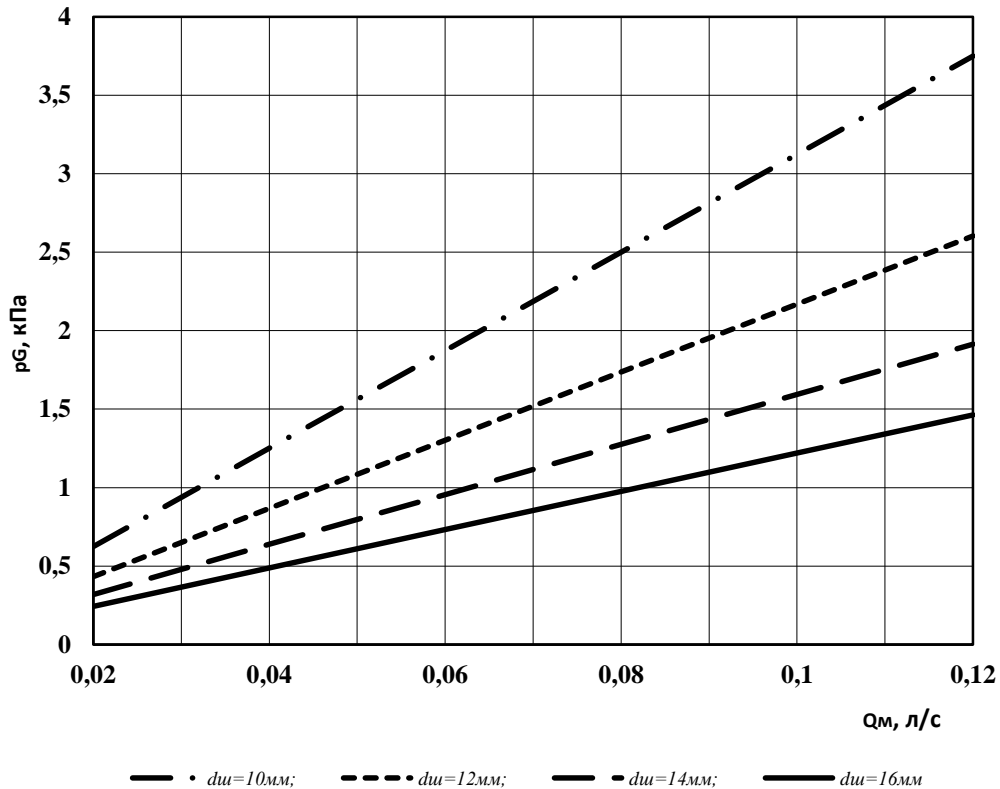


Рис.2. Залежність тиску сили ваги порції молока (p_G) від інтенсивності молоковіддачі (Q_M) та діаметра молочного шланга ($d_{ш}$) за умови кута нахилу молочного шланга $\alpha=40^\circ$ і фіксованої тривалості такту ссання $t_{cc}=0,6$ с.

Тиск, що витрачається на подолання сил інерції залежить від прискорення чи сповільнення потоку молока, тобто інерційного напору. За умови прискорення ($\frac{dv}{dt} > 0$) інерційний напір сприяє зменшенню втрат тиску, і навпаки, при сповільненні потоку ($\frac{dv}{dt} < 0$) – виникають додаткові втрати тиску на транспортування порції молока [?].

В загальному, відповідно до рекомендацій [16] та з врахуванням граничних умов, визначимо інерційний напір за допомогою залежності:

$$h_i = \frac{v_m}{gt_i} h_{mp}, \quad (6)$$

де v_m – швидкість руху порції молока, м/с;

t_i – тривалість дії інерційних навантажень, с;

h_{mp} – висота транспортування порції молока (див. рис. 1), м.

З врахуванням того, що швидкість потоку молока у молочному шлангові можна подати як $v_m=Q_M/S_{ш}$, тривалість дії сил інерції прирівняти до тривалості такту стиснення ($t_i=t_{ст}$), а висоту транспортування записати як $h_{mp}=l_{ш} \times \cos \alpha$, рівняння (6) отримає вигляд:

$$h_i = \frac{Q_M}{S_{ш} g t_{ст}} h_{mp} = \frac{2Q_M}{\pi d_{ш}^2 g t_{ст}} l_{ш} \cos \alpha, \quad (7)$$

де $l_{ш}$ – довжина молочного шланга (див. рис. 1), м.

Тиск, який витрачається на подолання інерційного напору ($p_{ін}$) визначимо за допомогою рівняння:

$$p_{in} = \rho_m g h_i = \rho_m \frac{2Q_m}{\pi d_{ш}^2 t_{ст}} l_{ш} \cos \alpha. \quad (8)$$

Рівняння (2.29) є справедливим при допущення, що вся порція молока сформувалась впродовж такту ссання і покинула секцію молочної камери колектора у вигляді суцільної «пробки», яка має дійти до магістрального молокопроводу впродовж такту стиснення.

Вплив складових рівняння (2.29) на втрати тиску (p_{in}) характеризується графічними залежностями (рис. 2.12).

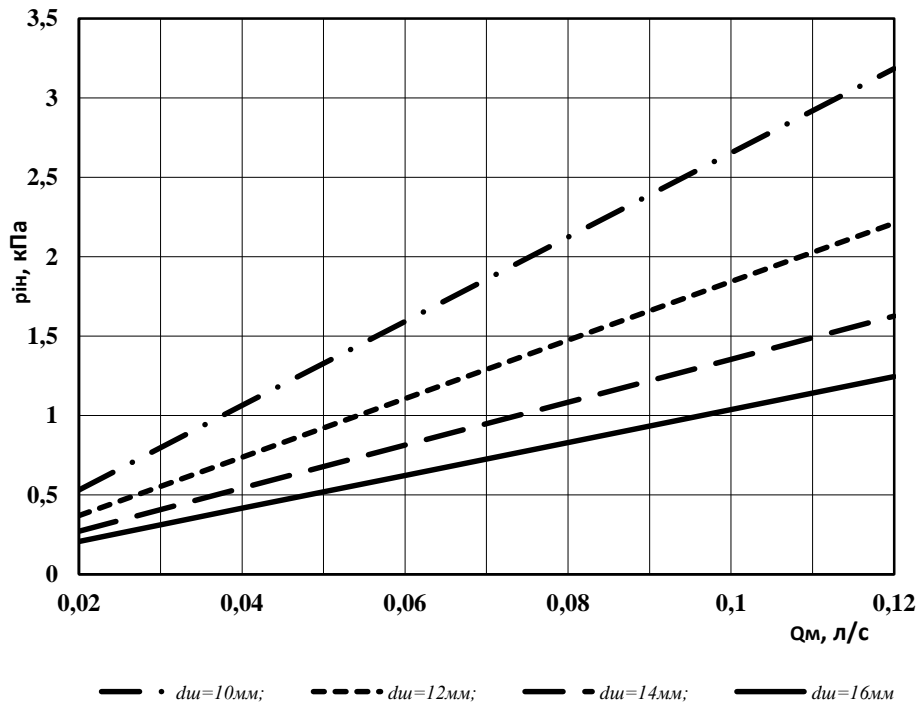


Рис.3. Залежність тиску сили інерції порції молока (p_{in}) від інтенсивності молоковіддачі (Q_m) та діаметра молочного шланга ($d_{ш}$) за умови кута нахилу молочного шланга $\alpha=40^\circ$, фіксованої тривалості такту стиснення $t_{ст}=0,4$ с та довжині молочного шланга $l_{ш}=2,0$ м.

Характер залежностей на рис. 2.12 аналогічний до залежностей поданих на рис. 2. Відмінність полягає у дещо нижчій величині втрат тиску на подолання сил інерції (p_{in}), порівняно із подоланням сили ваги (p_G).

Втрати тиску на подолання сили тертя ($p_{тр}$) в процесі руху порції молока молочним шлангом складаються із місцевих та лінійних втрат напору по довжині транспортування:

$$p_{тр} = p_l + p_\xi, \quad (9)$$

де p_l – втрати тиску по довжині молочного шланга, кПа;

p_ξ – втрати тиску на подолання місцевих опорів, кПа.

Втрати тиску по довжині молокопроводу в загальному випадку можна визначити за допомогою формули Дарсі-Вейсбаха [16,17]:

$$p_l = \lambda_m \frac{l_{ш}}{d_{ш}} \cdot \frac{v_m^2}{2} \rho_m, \quad (10)$$

де λ_m – гідравлічний коефіцієнт тертя, відповідно з дослідженнями вчених [Ф] $\lambda_m=0,1-0,2$, при інтенсивності молоковіддачі $Q_m=0,02-0,06$ л/с.

Замінімо у рівнянні (10) швидкість (v_m) на інтенсивність молоковіддачі ($Q_m=v_m \times S_{uu}$), отримаємо:

$$p_l = \lambda_m \frac{l_{uu}}{d_{uu}} \cdot \frac{\left(\frac{2Q_m}{\pi d_{uu}^2}\right)^2}{2} \rho_m = 0,2028 \cdot \lambda_m \cdot l_{uu} \cdot \frac{Q_m^2}{d_{uu}^5} \cdot \rho_m. \quad (11)$$

На шляху потоку порції молока від колектора до молокопроводу мають місце місцеві опори у вигляді звужень (вихід із колектора), розширень (вхід у магістральний молокопровід) та зміни напрямку (ділянки з підняттям або опусканням), а також крани, засувки і т. д.

В загальному, з врахуванням рекомендацій [16,17,18] та формули (11), втрати тиску на подолання місцевих опорів (p_ξ) можна описати рівнянням:

$$p_\xi = (\xi_z + \xi_p + \xi_n) \frac{v_m^2}{2} \rho_m = 0,2028 \cdot (\xi_z + \xi_p + \xi_n) \cdot \frac{Q_m^2}{d_{uu}^4} \rho_m, \quad (12)$$

де ξ_z , ξ_p , ξ_n – відповідно коефіцієнт місцевого опору при звуженні, розширенні, зміні напрямку та повороту потоку молока у молочному шлангові (з врахуванням рис. 1).

Для визначення місцевого опору (ξ_z) при звуженні потоку, у випадку коли співвідношення перерізів вивідного патрубку і молокозбірної камери колектора $S_2/S_1 < 0,5$, скористаємося формулою Ідельчика [?]:

$$\xi_z = 0,5 \left(1 - \frac{d_{mn}^2}{d_{mk}^2}\right) = 0,5 \left(1 - \frac{S_{mn}}{S_{mk}}\right), \quad (13)$$

де S_{mn} – площа поперечного перерізу молочного патрубка колектора (прийmemo, що $S_{mn}=S_{uu}$), м²;

d_{mk} – діаметр молокозбірної камери колектора, м;

S_{mk} – площа поперечного перерізу молочної камери колектора, використовується у розрахунках, якщо форма молокозбірної камери відмінна від круглої, м².

У випадку, коли площа перерізу молочної камери колектора значно перевищує площу поперечного перерізу молочного патрубка колектора ($d_{mn}=d_{uu}$), за рекомендаціями Вейсбаха коефіцієнт місцевого опору при звуженні можна прийняти як $\xi_z=0,5$ [16].

Під час розширення потоку, у випадку входження до магістрального молокопроводу коефіцієнт місцевого опору (ξ_p), відповідно до теореми Борда [16], можна визначити за формулою:

$$\xi_p = \alpha_1 \left(1 - \frac{d_{uu}^2}{d_m^2}\right)^2 = \alpha_1 \left(1 - \frac{S_{uu}}{S_m}\right)^2, \quad (14)$$

де d_m – діаметр магістрального молокопроводу, м;

α_1 – коефіцієнт кінетичної енергії у вузькому перерізі, залежить від співвідношення діаметрів (d_m/d_{uu}) і приймає значення $\alpha_1=0,56-0,84$ [16], причому, меншому діаметру молочного шланга відповідає вище значення коефіцієнта;

S_m – площа поперечного перерізу магістрального молокопроводу, використовується у розрахунках, якщо форма магістрального молокопроводу відмінна від круглої, м².

При зміні напрямку потоку коефіцієнт місцевого опору (ξ_n) суттєво залежать від радіусу повороту. Відповідно до рекомендацій [16] з врахуванням досліджень запишемо:

$$\xi_n = \sum_{i=1}^n 0,08 + 1,22 \left(\frac{d_{iu}}{2R_{iu}} \right)^{2,2} \frac{\beta}{90^0}, \quad (15)$$

де R_{iu} – радіус повороту молочного шланга, м;

β – кут повороту молочного шланга, град.;

i – кількість поворотів молочного шланга, як правило $i=2$.

Підставимо отримані рівняння (13-15) у формулу (12), отримаємо:

$$p_{\xi} = 0,2028 \rho_m \frac{Q_m^2}{d_{iu}^4} \left[\frac{1}{2} \left(1 - \frac{d_{iu}^2}{d_{mk}^2} \right) + \alpha_1 \left(1 - \frac{d_{iu}^2}{d_m^2} \right)^2 + \sum_{i=1}^n 0,08 + 1,22 \left(\frac{d_{iu}}{2R_{iu}} \right)^{2,2} \frac{\beta}{90^0} \right].$$

Вплив місцевих та лінійних опорів на втрату тиску подамо у вигляді графічних залежностей (рис. 4-6).

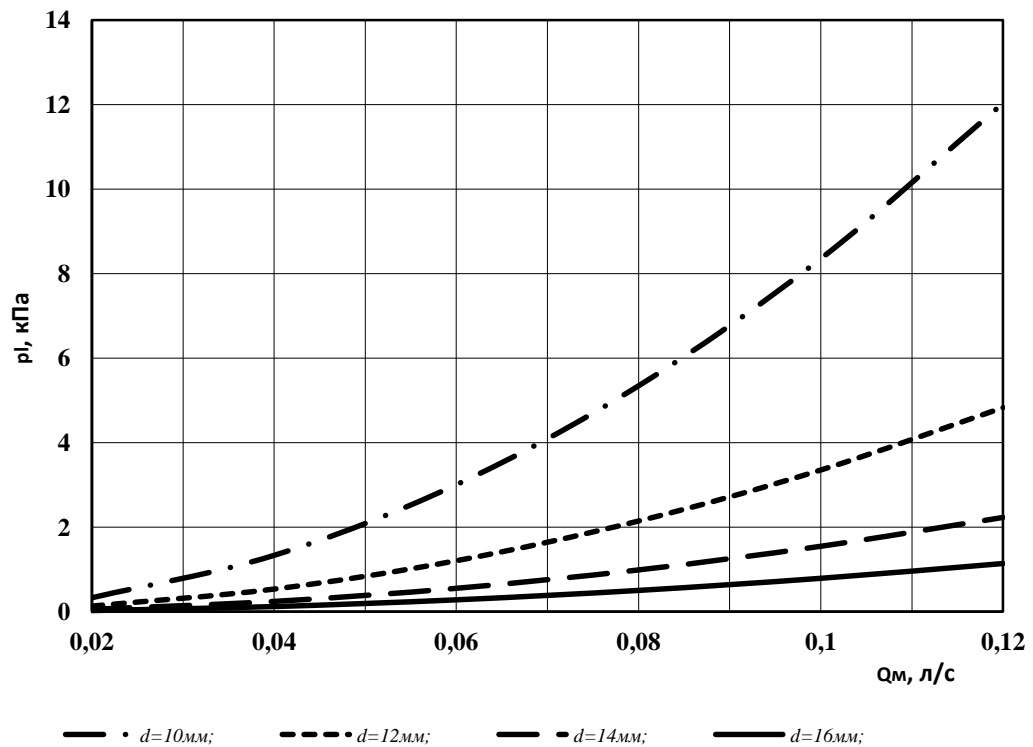


Рис.4. Залежність тиску на подолання лінійних втрат напору (p_l) від інтенсивності молоковіддачі (Q_m) та діаметра молочного шланга (d_{iu}) за умови гідравлічного коефіцієнта тертя $\lambda_m=0,2$ та довжини молочного шланга $l_m=2,0$ м.

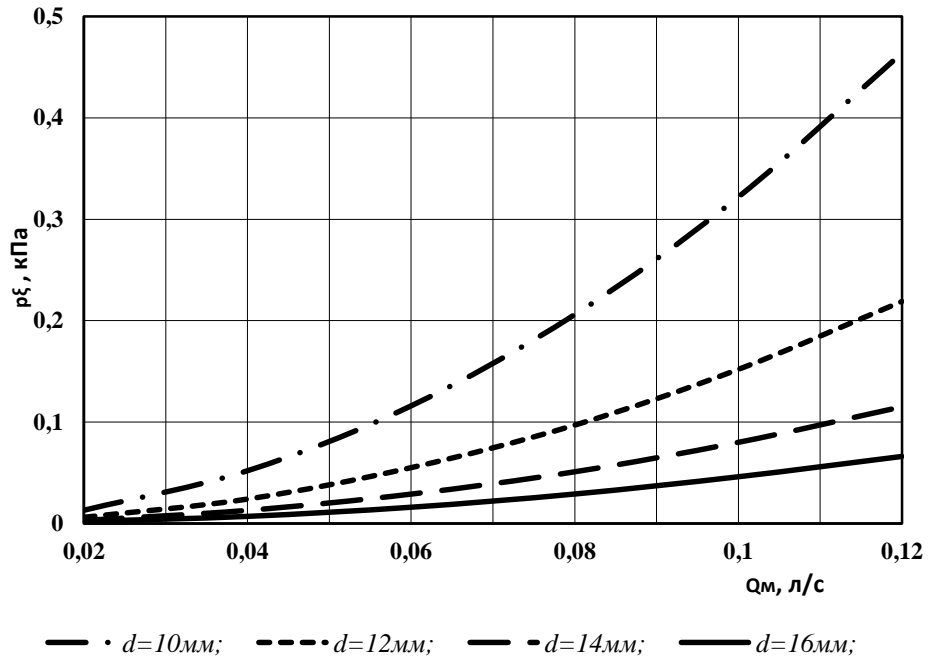


Рис.5. Залежність тиску на подолання місцевих втрат напору (p_{ξ}) від інтенсивності молоковіддачі (Q_m) та діаметра молочного шланга ($d_{ш}$), довжина якого становить $l_{ш}=2,0$ м.

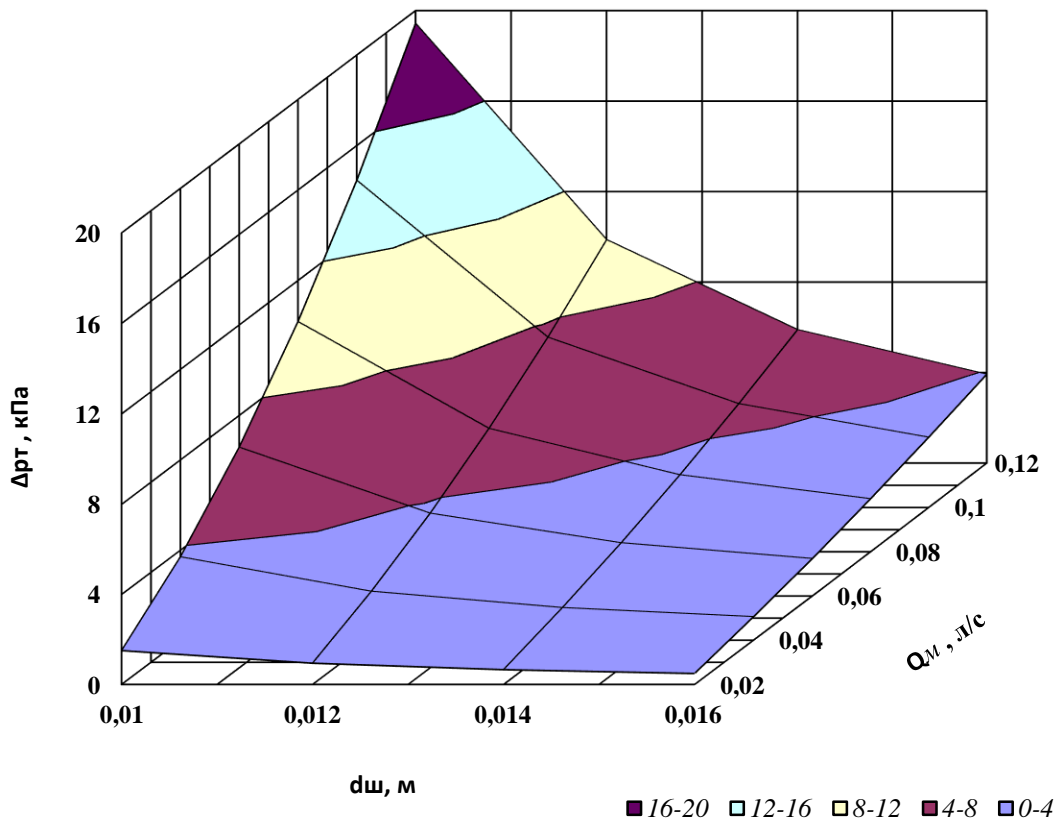


Рис.6. Залежність загальних втрат тиску в молочному шлангові на транспортування порції молока (Δp_t) від інтенсивності молоковіддачі (Q_m) та діаметра молочного шланга ($d_{ш}$), довжина якого становить $l_{ш}=2,0$ м.

Втрати тиску (Δp_T) на транспортування порції молока в молочному шлангові (рис. 6) зменшуються зі збільшенням діаметра ($d_{ш}$) молочного шланга на 1,02 кПа при інтенсивності молоковіддачі $Q_M=0,02$ л/с та на 15,51 кПа при інтенсивності молоковіддачі $Q_M=0,12$ л/с. Причому, в інтервалі діаметрів $d_{ш}=10-12$ мм інтенсивність зменшення тиску становить 55-61,6 %, а при $d_{ш}=12-16$ мм – 38,4-45 %. Зниження тиску при збільшенні діаметра молочного шланга пояснюється зменшенням швидкості ($Q_M/S_{ш}$) потоку молока незалежно від інтенсивності молоковіддачі.

Висновки

При збільшенні інтенсивності молоковіддачі втрати тиску (Δp_T) на транспортування порції молока в молочному шлангові (рис. 6) зростають незалежно від діаметра молочного шланга. Але при діаметрі $d_{ш}=10$ мм втрати тиску зростають на 17,93 кПа, а при $d_{ш}=16$ мм – зростають лише на 3,44 кПа, для решти розмірних параметрів – на 5,24-8,93 кПа. Збільшення втрат тиску (Δp_T) при збільшенні інтенсивності молоковіддачі (Q_M) викликане зростанням швидкості потоку молока у молочному шлангові.

В структурі втрат тиску на транспортування порції молока (Δp_T) найбільшу питому вагу займають втрати напору по довжині молочного шланга (p_l) – 61,6 %, а найменші втрати тиску припадають на місцеві (p_{ε}) опори – 2,5 % (див. рис. 4-5), частка втрат тиску на подолання сили ваги (p_G) та інерційних навантажень (p_{in}) – 19,4 % та 16,5 % відповідно (див. рис. 2-3).

Список використаних джерел

1. Палій А. П. Вплив молокопровідних систем доїльних установок на споживчі показники молока / Тваринництво України. – 2016. – № 9. – С. 20–22.
2. Novinen M. Invited review: udder health of dairy cows in automatic milking [Text] / M. Novinen, S. Pyörälä // Journal of Dairy Science. – 2011. – Vol. 94. – P. 547–562.
3. Безенко Т. И. Повышение качества молока и снижение его потерь / Т. И. Безенко // Резервы увеличения производства молока. Бюл. науч. раб. ВНИИЖ. – Дубровицы, 1986. – Вып. 85. – С. 159-168.
4. Коновалова А. С. Сравнительный анализ использования современных доильных установок / Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 4 (53). – С. 65 – 67.
5. Калмыкова О., Ананева Т. Технология доения и качество молока / Животноводство России. – 2011. – С. 41– 42.
6. Галичева, М.С., Дохужев, Ю.Г., Головань, В.Т. Пути сокращения потерь молока при доении в молокопровод // Новые технологии. - 2009. - № 3 - С.12-16.
7. Кощев, П.С. Молочная продуктивность коров в зависимости от режимов выдаивания / Известия оренбургского государственного аграрного университета. – 2006. – №12. – 1 (том 4).
8. Федосенко Е.Г. Влияние доильного оборудования на качественный состав молока / Молочнохозяйственный вестник. – 2011. – №4. – С. 47 – 50.
9. E.J. O'Callaghan, B.E., M.Eng.Sc., Ph.D., D.E. Gleeson, N.C.A., Diploma in Dairy Husbandry, M.Sc. Evaluation of milking systems in terms of new mastitis risk, teat tissue reactions & milking performance Project No. 4505
10. O'Callaghan E.J. A note on the effects of teat-end vacuum on milking characteristics [Текст] / E.J. O'Callaghan, D.E. Gleeson // Irish Journal of Agricultural and Food Research 43: 265–269, 2004
11. O'Callaghan E.J. Effects of the design of a milking unit on vacuum variations during simulated milking / E.J. O'Callaghan // Irish Journal of Agricultural and Food Research 43: 237–245, 2004

12. Magda Mikulova Content of free fatty acids, lipolytic bacteria and somatic cells in relation to milking technology / Magda Mikulova // Czech Republic. Journal of agrobiology. Published online: 22nd August 2011.
13. Hanus O. Analysis of raw cow milk quality according to free fatty acid contents in the Czech Republic / O. Hanus, J. Vegricht, J. Frelich, A. Macek, M. Bjelka, F. Louda, L. Janu // Czech J. Anim. Sci., 53, 2008
14. Keith R. Goff. Vacuum and flow characteristics of milking machine claws / Keith R. Goff Robert O. Leonard // California agriculture, September 1978
15. Rasmussen M. D. Influence of Air Intake on the Concentration of Free Fatty Acids and Vacuum Fluctuations During Automatic Milking / M. D. Rasmussen, L. Wiking, M. Bjerring, H. C. Larsent // J. Dairy Sci. 89:4596–4605 American Dairy Science Association, 2006.
16. Фененко А.И. Биотехническая система производства молока. Теория и практика. Монография / под ред. акад. НААН В.В. Адамчука – Нежин: Издатель ЧП Лысенко Н.М., 2014. – 192 с.
17. Шалетько М.Л. Расчет падения давления в шлангах и трубках доильных машин / М.Л. Шалетько, Ю.И. Волошин //Механизация и электрификация животнов. техники в сельском хозяйстве. – 2009. – №2. – С. 212-23.
18. Ужик В.Ф. К определению потерь давления в молокопроводных линиях в автоматизированных системах доения / В.Ф. Ужик // Вісник Харківського НТУ ім. П. Василенка. – Вип. 48. – 2006, С. 42-45.

Аннотация

УСТАНОВКА ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ МОЛОКА ОТ КОЛЛЕКТОРА В МОЛОКОПРОВОД

Ачкевич А.Н., Ачкевич А.И.

В работе дан анализ проблем потерь вакуумметрического давления при транспортировке порции выдоенного молока от коллектора к молокопроводу. Определены основные направления улучшения отвода молока из доильного аппарата в верхней молокопровод и снижение негативного воздействия на микроструктуру молочного жира.

Ключевые слова: *молокопровод, доильный аппарат, коллектор, режим транспортировки, молочный шланг, дросселируемое отверстие, потери давления*

Abstract

INSTALLATION OF THE PARAMETERS OF THE MILK TRANSPORTATION SYSTEM FROM THE COLLECTOR TO THE MILK CIRCUIT

Achkevich O.M., Achkevich O.I.

The paper analyzes the problems of loss of vacuum pressure during the transportation of a portion of milked milk from the collector to the milk line. The main directions for improving the removal of milk from the milking machine in the upper milk line and reducing the negative impact on the microstructure of milk fat have been identified.

Keywords: *milk line, milking machine, collector, mode of transportation, milk hose, hole throttled, pressure loss*