



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-1-7

УДК 637.134.001.5

О. Г. Скляр¹, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-0456-2479

Р. В. Скляр¹, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-1547-5100

О. М. Шокарев¹, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-8646-4524

С. В. Сиротюк², к.т.н.

ORCID: 0000-0001-9966-6299

¹Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

²Львівський національний аграрний університет

e-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ОСНОВНИХ ДЕТАЛЕЙ ГОМОГЕНІЗАТОРІВ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

Анотація. В статті означено, що ненадійна машина - це основна ознака втрати ефективності її застосування, так як кожна її зупинка через пошкодження механізмів або зниження технічних характеристик вузлів з втратою техніко-експлуатаційних параметрів призводить не тільки до великих матеріальних збитків, а й впливає на погіршення стану виробничої та техносферної безпеки. Визначено, що гомогенізатори молочних продуктів працюють в умовах середнього і сильного ступеня агресивного впливу технологічного середовища. Дослідження показують низьку експлуатаційну надійність клапанного механізму і плунжерів високого тиску гомогенізаторів. Всмоктувальні і нагнітальні клапани мають складну форму з поверхнями. Кожна з цих поверхонь має свої особливості зношування. Напрямна зношується від матеріалу, що переміщається по ній і тому на поверхні формуються раковини. Створювані раковини в пазах напрямних орієнтовані вздовж напрямку переміщення продукту і можуть бути віднесені до хіміко-механічного зношування, яке відповідає окислювальному зношуванню, що відбувається при високому тиску і наявності поверхнево-активних речовин. До найбільш інтенсивного зношування схильна запірні фаска, на якій чітко проглядається деформація матеріалу за межі фаски. Сідло клапана схильне до тих же руйнувань, що і клапан. Відшарування металу на запірній фасці аналогічне відшаруванню на клапані. Гомогенізуючі клапани і сідла мають аналогічний характер зносу до всмоктуючих і нагнітальних клапанів та сідел.

Ключові слова: механічна обробка молока, гомогенізатор молочних продуктів, клапанний механізм, плунжер, довговічність.



Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку машинобудування, коли, в основному, вирішені питання кількості машин, великого значення набуває проблема підвищення їх якості та надійності. Підвищення надійності машин є важливим завданням будь-якої галузі господарства. Наука про надійність техніки вивчає закономірності зміни показників працездатності машин з часом, а також фізичну природу відмов і на цій основі розробляє методи, що забезпечують потрібну довговічність та безвідмовність роботи машин із найменшими витратами часу і коштів [1-4]. Надійність машин необхідна для підвищення рівня автоматизації, зменшення витрат на ремонт, збитків від простою обладнання, забезпечення безпеки людей. Більш надійна техніка дозволяє збільшити продуктивність праці, коефіцієнт використання машин і зменшити експлуатаційні витрати. Вирішення проблеми надійності - це значний резерв підвищення ефективності виробництва, зменшення матеріальних збитків і запобігання виникненню відмов машин. Особливістю проблеми надійності є її зв'язок з усіма етапами проектування, виготовлення та використання машини, починаючи з моменту формування ідеї створення машини і до прийняття рішення про її списання. Отже, проблема надійності є комплексною і потребує вирішення у сферах виробництва та експлуатації машин, акумулює і синтезує все те, що сприяє підвищенню працездатності машин [5-9].

В процесі експлуатації технічний стан машини постійно змінюється з різними швидкостями втрати працездатності. Якщо машина, її механізми та вузли ненадійні, то відбудеться часткова або повна втрата працездатності, що змушує відновлювати її до заданого рівня за рахунок організації і проведення технічного обслуговування і ремонту. Ненадійна машина - це основна ознака втрати ефективності її застосування, так як кожна її зупинка через пошкодження механізмів або зниження технічних характеристик вузлів з втратою техніко-експлуатаційних параметрів призводить не тільки до великих матеріальних збитків, а й впливає на погіршення стану виробничої та техносферної безпеки [10-13].

В результаті підвищення довговічності деталей машин скорочуються витрати запасних частин і матеріалів на їх виготовлення, зменшується кількість працюючих і трудомісткість при експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті [14-16]. Проблема надійності і довговічності є однією з основних, що визначає ефективність роботи будь-якого виробництва. Але для підприємств переробних галузей вона набуває особливого значення.

Втрати працездатності обладнання внаслідок відмов приводять до простоїв, значних витрат на ремонт та запасні частини, а також до псування цінної харчової сировини, напівпродуктів і продукції [17]. У



більшості випадків довговічність обладнання переробних і харчових виробництв пов'язана з проблемою спрацювання окремих деталей та вузлів. Подальше впровадження та розширення області застосування гомогенізації, оснащення підприємств високопродуктивними установками для комплексної обробки молока висувують завдання по створенню гомогенізаторів з високими технологічними та експлуатаційними показниками. Проводиться велика робота по створенню машин сучасних моделей для молочних продуктів різних вязкостей з уніфікованими вузлами і деталями, а, також з підвищеними експлуатаційними показниками. Тому підвищення зносостійкості деталей вузлів тертя є основним напрямком підвищення надійності і довговічності обладнання [18,19].

Аналіз останніх досліджень. У загальній проблемі надійності, точності і довговічності машин, механізмів і приладів основне місце належить питанням тертя, зношуванню поверхонь деталей і робочих органів, які є між собою в дуже складних кореляційних залежностях.

Дослідження Ш. Кулона стали основою для створення формального вчення про тертя в механіці та інженерній справі, в розробленні якого брали участь вчені Д. Леслі, Л. Гюмбель, Г. Лейбніц, С. К. Котельніков, А. В. Вишнеградський та інші. Подальший розвиток науки про зовнішнє тертя був пов'язаний із загальним прогресом науки і техніки, різким розширенням і ускладненням умов зовнішнього тертя, розробленням і застосуванням нових матеріалів, накопиченням спостереження, які реєстрували відхилення від закону Амонтона-Кулона. Наближений характер закону і його обмежене застосування ставали все очевиднішими [20-23].

Значний вклад у розвиток сучасної світової науки про тертя і зношування в машинах внесла українська школа, яку створив професор Б. І. Костецький. Відомими й визнаними представниками цієї школи є професори Л. І. Бершадський, І. Г. Носовський, П. В. Назаренко, Г. А. Прейс та інші. Б. І. Костецький і його учні зробили цілий ряд фундаментальних відкриттів у проблемі тертя. Процеси тертя і зношування є складними і залежать від ряду факторів, для розуміння яких необхідний синтез знань в областях механіки, теоретичної фізики, фізичної хімії, термодинаміки, металознавства, фізики твердого тіла та ін. У зв'язку з цим нині існують різні уявлення про явища, що відбуваються на поверхні контакту твердих тіл при терті. Численні дослідження зносостійкості матеріалів у технологічних середовищах харчових виробництв проведені Г. О. Прейсом, М. А. Сологубом, О. І. Некозом, Ю. Г. Сухенком з співробітниками, але залишається ще ряд невирішених питань [24-27].

Формулювання цілей статті. Дослідити характер зносу основних деталей гомогенізатора молочних продуктів та визначити шляхи



забезпечення їх довговічності.

Основна частина. Зношування обладнання харчової промисловості, підкоряючись в більшості випадків загальним закономірностям, встановленим для контакту твердих тіл, має свою специфіку, яка полягає в тому, що робочі органи зношуються не внаслідок контакту з іншими деталями, а в результаті взаємодії з продуктами переробки [28-30].

Процес зношування деталей - це досить складне явище, яке супроводжується локалізованими в тонких поверхневих шарах деталей машин процесами деформації, утворення і руйнування містків зчеплення, топографічними і структурними змінами поверхонь, хімічною взаємодією сполучених деталей між собою й зовнішнім середовищем. Останнє має особливе значення для деталей обладнання харчових виробництв. На відміну від інших галузей, робота обладнання переробних і харчових виробництв характеризується безпосереднім контактом поверхонь деталей з сировиною, напівпродуктами та продуктами, які можуть знаходитись у різному стані (здебільшого в рідкому). Тому, в першу, чергу, властивості технологічних середовищ та їх взаємодія з поверхневими шарами деталей визначають характер і особливості зношування обладнання [31-33]. Технологічні середовища переробних виробництв вирізняються значною хімічною і поверхневою активністю, справляють значний вплив на визначальний вид зношування і його інтенсивність. Гомогенізатори молочних продуктів працюють в умовах середнього і сильного ступеня агресивного впливу технологічного середовища.

За своєю природою багато компонентів молочних продуктів і миючих розчинів є поверхнево-активними речовинами, які, як відомо, інтенсифікують процеси пластичного деформування і зношування металів. Дослідження показують низьку експлуатаційну надійність клапанного механізму і плунжерів високого тиску гомогенізаторів. Ці складальні одиниці і деталі забезпечують дроблення і рівномірний розподіл в молочному продукті жирових кульок.

Всмоктувальні і нагнітальні клапани однакові (рис. 1) і мають складну форму з поверхнями, які виконують свої функції в процесі роботи. Кожна з цих поверхонь має свої особливості зношування. Напрямна зношується від матеріалу, що переміщається по ній і тому на поверхні формуються раковини. Створювані раковини в пазах напрямних орієнтовані вздовж напрямку переміщення продукту і можуть бути віднесені до хіміко-механічного зношування, яке відповідає окислювальному зношуванню, що відбувається при високому тиску і наявності поверхнево-активних речовин.



Рисунок 1. Клапан всмоктуючий, нагнітальний

До найбільш інтенсивного зношування схильна запірна фаска, на якій чітко проглядається деформація матеріалу за межі фаски. Більш того, процеси пластичного деформування настільки руйнівні, що призводять до відшарування матеріалу. Останнє обумовлює порушення режиму гомогенізації. Головка клапана має характерні ознаки наклепу поверхні.

Сідло клапана (рис. 2) схильне до тих же руйнувань, що і клапан. Відшарування металу на запірній фасці аналогічне відшаруванню на клапані. Зовнішні поверхні мають характерні ознаки наклепу.

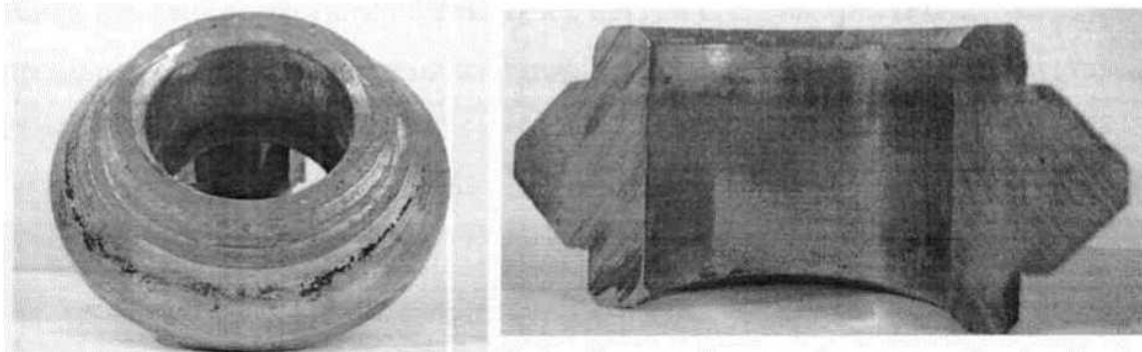


Рисунок 2. Сідло клапана

Гомогенізуючі клапани і сідла мають аналогічний характер зносу до всмоктуючих і нагнітальних клапанів та сідел. Також зношується запірна фаска сідла і клапана, на яких видно раковини. Напрямні клапанів мають ще більш виражений характер зносу, що пов'язано з пульсацією продукту, що піддається гомогенізації і несталим становищем клапана.

Плунжер високого тиску (рис. 3) зношується нерівномірно. Так, поверхня з боку носка плунжера практично не зношена і зберігає сліди механічної обробки, яка склалася при виготовленні плунжера (рис. 4, зліва), а з іншого боку (рис. 4, праворуч) поздовжні риски також закінчуються, не доходячи до кінця, що відповідає робочому ходу

плунжера.

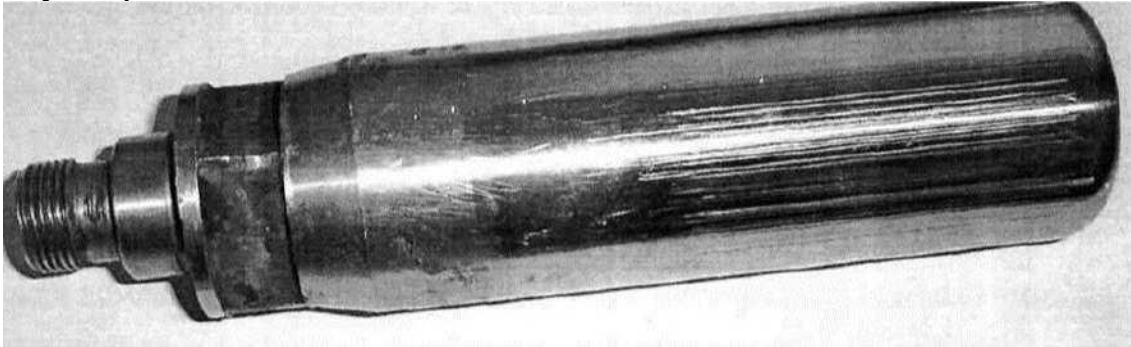


Рисунок 3. Плунжер високого тиску

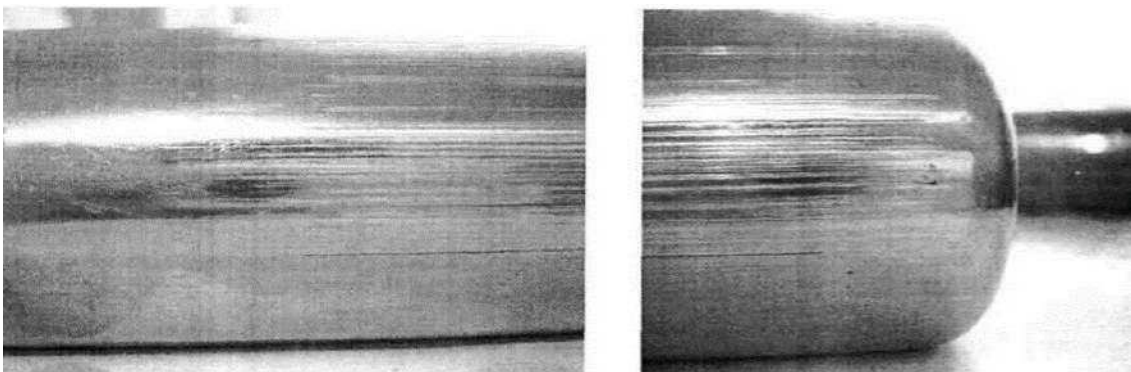


Рисунок 4. Характер зносу плунжера (перехідні зони)

На рисунках видно, що по всій робочій поверхні є досить глибокі поздовжні риси, характерні для всіх зношених плунжерів. Найбільший знос поверхні плунжера по діаметру виявляється в крайніх точках робочого ходу, тобто там, де плунжер зупиняється і змінює напрямку руху. Слід також відзначити те, що плунжери працюють при гарантованому зазорі з плунжерним блоком і контактують тільки з ущільненням, твердість якого значно нижче матеріалу плунжера. При цьому зовнішній вигляд характеру зносу поверхні плунжера під час макроаналізу носить виражений абразивний характер.

На переробних підприємствах термін служби деяких видів обладнання визначається, в значній мірі, корозійною стійкістю деталей. Але в більшості випадків процес спрацювання і руйнування поверхневих шарів деталей в умовах тертя має корозійно-механічний характер, який залежить від складу і корозійних властивостей середовища та інтенсивності механічного навантаження. Враховуючи, що більшість технологічних процесів харчової промисловості і переробних виробництв відбувається в рідкій фазі, значна частина деталей обладнання піддається дії швидкоплинних потоків рідин, що спричиняє їх інтенсивне кавітаційно-ерозійне зношування. Внаслідок цього виходять з ладу деталі проточної частини відцентрових насосів, центрифуги, сепаратори, гомогенізатори, арматура та ін.



Відомо, що забезпечення надійності і довговічності обладнання ґрунтується на виконанні певних умов і заходів на етапах проектування, виготовлення та експлуатації. Враховуючи, що при сучасному рівні проектування й міцністних розрахунків ймовірність раптових відмов досить незначна і вони, в більшості випадків, виявляються і усуваються під час налагодження обладнання, зносостійкість деталей є визначальним чинником у вирішенні проблеми забезпечення їх довговічності. Тому засобом боротьби зі спрацюванням деталей приділяється особлива увага на всіх ви значених вище етапах. Вирішальна роль відводиться раціональному вибору матеріалів і технологічним методам поверхневої обробки деталей.

У промисловості існує багато технологічних методів впливу і керування складом, структурою і властивостями поверхневих шарів деталей обладнання. Усе більшого поширення вони набувають і на підприємствах переробного комплексу. Раціональне використання цих методів не лише при виготовленні, але також і при відновленні деталей дозволяє значно збільшити термін їх служби.

Висновки. Стосовно обладнання переробних і харчових виробництв основними напрямками забезпечення надійності і довговічності обладнання можуть бути: зменшення інтенсивності корозійної взаємодії поверхонь тертя деталей з технологічними середовищами; зміна умов і параметрів навантаження зони контакту, яка б забезпечила реалізацію тільки допустимих видів зношування; підвищення опору спрацюванню деталей обладнання завдяки застосуванню зносо- та корозієстійких покриттів.

Список використаних джерел

1. Boltianskyi B., Sklyar R., Dereza S., Grigorenko S., Syrotyuk S., Jakubowski T. The Process of Operation of a Mobile Straw Spreading Unit with a Rotating Finger Body-Experimental Research. *Processes*. 2021, 9(7), 1144; <https://doi.org/10.3390/pr9071144>
2. Komar A. S. Fertilization of poultry manure by granulation. *Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production: Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference*. 2019. P. 18-20.
3. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. P. 478-480.
4. Маніта І.Ю. Питання цифровізації сільського господарства в Україні. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф.*



Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 346-350. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/manita-2020.pdf>

5. Skliar R. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Bilbao. 2020. P. 431-433.

6. Комар А.С. Забезпечення надійності складних систем. *Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва: Тези УІ Міжн. наук.-практ. конф.* Умань: УНУС, 2020. С. 149-152.

7. Podashevskaya H., Sklar R. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

8. Serebryakova N. Use of three-dimensional computer visualization in the study of nanostructures. Минск: БГАТУ, 2020. С. 517-519.

9. Podashevskaya H., Manita I. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. *Інженерія природокористування*. Харків: ХНУСГ, 2020. №2(16). С. 33 - 37.

10. Serebryakova N. Selection of optimal modes of heat treatment of grain. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф.* Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 20-24.

11. Manita I. Areas of application of nanotechnologies in animal husbandry. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали. II Міжнар. наук.-практ. конф.* Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 357-361. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/podashevskaya-2020.pdf>

12. Маніта І. Ю. Забезпечення надійності сільськогосподарської техніки. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. Харків: ХНУСГ, 2020. № 21 С. 139-147.

13. Болтянська Н. І., Маніта І. Ю. Інноваційний розвиток техніки для молочного скотарства. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 2. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-2.pdf>

14. Grigorenko S. Technical means for mechanization of technological processes on livestock farms. *Theory, practice and science. Abstracts of V International Scientific and Practical Conference*. Tokyo, Japan 2021. P. 255-257.

15. Непарко Т. А. Технічні засоби для механізації технологічних процесів на тваринницьких фермах. *Сучасні проблеми землеробської механіки: Збірник тез доповідей ХХН Міжн. наук. конф.*



Київ. Ніжин, 2021. С. 83-86.

16. Zhuravel D., Skliar O. Modeling the reliability of units and units of irrigation systems. *Multidisciplinary academic research*. Abstracts of I International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands 2021. P. 83-86.

17. Komar A. Basic methods of preparation of organic fertilizer from quail manure. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: мат. III Міжн. наук.-практ. конф.* Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 183-187.

18. Boltianska N., Serebryakova N. Safety measures during operation of biogas plant. *OSHAgro - 2021: Збірник тез I Міжн. наук.-практ. конф.* Київ: НУБіП, 2021. С. 22-24.

19. Скляр О. Г., Болтянська Н. І. Технології наукових досліджень: підручник. Мелітополь: ФОП Однорог Т.В., 2022. 682 с.

20. Skliar O., Neparko T. Increasing the performance of the park of equipment with Telematics. *Інформаційні технології в енергетиці та АПК: матеріали X-ої Міжн. наук.-практ. конф.* ЛНАУ, 2021 р. С. 51-54

21. Boltianska N., Manita I., Komar A. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Інженерія природокористування*. Харків: ХНУСГ, 2021. №5(19). С. 38 - 42.

22. Boltyansky O. V. Analysis of the main areas of resource conservation in animal husbandry. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2016. Vol. 18, No 13. P. 49-54.

23. Скляр О.Г., Скляр Р.В, Маніта І. Ю. Механізація доїння і первинної обробки молока: підручник. К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. 401 с.

24. Demyanenko D., Skliar O. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.

25. Boltianska N.L, Boltianskyi O.V., Boltianskyi B.V. Reducing energy expenses in the production of pork. *WayScience*. Dnipro, Ukraine, 2021. P.1. С. 27-29.

26. Шокарев О. М. Забезпечення надійності складних систем на різних етапах експлуатації. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Матер. II Міжнар. наук.-практ. конф.* Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 483-487.

27. Boltyanskaya N.I. Indicators of an estimation of efficiency of application of resources but Gauci technologies in animal husbandry. *Bulletin of Sumy national agrarian University. A series of "Mechanization and automation of production processes"*. Amount. 2016. Vol. 10/3 (31). P. 118-121.

28. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment.



Kramar Readings: Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference. 2017. P. 155-158

29. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll. scientific-works of Intern. *Topical issues of development of agrarian science in Ukraine: Research Practice Conf. Nizhin, 2019. P. 84-91.*

30. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: Підручник для здобувачів вищої освіти закладів вищої освіти / Б.В. Болтянський, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

31. Zhuravel D. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference. Athens, Greece 2021. P. 231-233.*

32. Skliar R., Sklar O. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. Rome, Italy 2021. P. 171-176.*

33. Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management. 2021. №1(19). P. 7-12.*

Стаття надійшла до редакції 5.03.2022р.

O. Skliar¹, R. Skliar¹, O. Shokarev¹, S. Syrotyuk²

¹Dmytro Motorny Tavria state agrotechnological university

²Lviv National Agrarian University

ENSURING THE DURABILITY OF THE MAIN PARTS OF THE DAIRY HOMOGENIZERS

Summary

The article notes that an unreliable machine is the main sign of a loss in the effectiveness of its use, since each stop due to damage to mechanisms or a decrease in the technical characteristics of units with a loss of technical and operational parameters leads not only to great material damage, but also affects the deterioration the state of industrial and technosphere safety. It has been determined that homogenizers of dairy products operate under conditions of medium and strong aggressive action of the technological environment. Studies show low operational reliability of the valve train and high pressure plungers of homogenizers. Suction and discharge valves are complex shapes with surfaces that have their own wear characteristics. The guide wears out from the material that moves along it and therefore pits form on the surface. The created cavities in the grooves of the guides are oriented along the direction of movement of the product and can be attributed to chemical-mechanical wear, which corresponds to oxidative wear, which occurs at high pressure and the presence of surfactants. The valve seat is subject to the same damage as the valve. The metal delamination on the locking chamfer is similar



to the delamination on the valve. Homogenizing valves and seats have a similar wear pattern in the suction and discharge valves and seats.

Also the sealing chamfer of the seat and valve, which shows pits, is worn out. Valve guides have an even more pronounced wear pattern, which is associated with pulsation of the product, which is subjected to homogenization and an unstable valve position. High pressure plunger does not wear evenly. The greatest wear of the plunger surface in diameter is at the extreme points of the working stroke, that is, where the plunger stops and changes the direction of movement. It should also be noted that the plungers operate with a guaranteed clearance with the plunger block and contact only with the seal, the hardness of which is significantly lower than the plunger material. In this case, the appearance of the nature of the wear of the plunger surface during macroanalysis has a pronounced abrasive nature.

Key words: mechanical milk processing, dairy homogenizer, valve mechanism, plunger, durability.