

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО**

Журнал заснований у 1918 році

**ВЧЕНІ ЗАПИСКИ
ТАВРІЙСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО**

Серія: Технічні науки

Том 33 (72) № 3 2022



Видавничий дім
«Гельветика»
2022

Головний редактор:

Кисельов Володимир Борисович – доктор технічних наук, професор, директор Навчально-наукового інституту муніципального управління та міського господарства Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського.

Члени редакційної колегії:

Медведєв Микола Георгійович (відповідальний секретар) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського;

Бронін Сергій Вадимович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних систем та технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

Домніч Володимир Іванович – кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизованого управління технологічними процесами Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського;

Дехтяр Анатолій Соломонович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри архітектурних конструкцій Національної академії образотворчого мистецтва і архітектури;

Дичко Аліна Олегівна – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інженерної екології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Дубко Валерій Олексійович – доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри вищої математики Київського національного університету технологій та дизайну;

Єремєєв Ігор Семенович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизованого управління технологічними процесами Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського;

Лисенко Олександр Іванович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри телекомунікацій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Огородник Станіслав Станіславович – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського;

Сегай Олександр Михайлович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського;

Чумаченко Сергій Миколайович – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри інформаційних систем Національного університету харчових технологій;

Цомко Олена – доктор філософії по спеціальності «Безпека і управління інформацією», відділення комп'ютерної інженерії, Інститут Міжнародної освіти, Університет Донгсо, Республіка Корея.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

**Рекомендовано до друку та поширення через мережу Internet
Вченою радою Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського
(протокол № 17 від 30.05.2022 року)**

Науковий журнал «Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки» зареєстровано Міністерством юстиції України (Свідectво про державну реєстрацію друкованого ЗМІ серія KB № 22895-12795P від 11.08.2017 року)

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») з технічних наук (спеціальності: 144. Теплоенергетика, 161. Хімічні технології та інженерія, 172. Телекомунікації та радіотехніка) відповідно до Наказу МОН України від 17.03.2020 № 409 (додаток 1), 121. Інженерія програмного забезпечення, 123. Комп'ютерна інженерія, 126. Інформаційні системи та технології, 151. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 275. Транспортні технології (за видами) відповідно до Наказу МОН України від 02.07.2020 № 886 (додаток 4)

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International (Республіка Польща)

Сторінка журналу: www.tech.vernadskyjournals.in.ua

ISSN 2663-5941 (Print)

ISSN 2663-595X (Online)

© Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, 2022

Лубко Д.В.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Шаров С.В.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Зінов'єва О.Г.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

ПРОЕКТУВАННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ НА ТВАРИННИЦЬКІЙ МОЛОЧНІЙ ФЕРМІ

Проектування імітаційної моделі роботи технологічної лінії прибирання гною на молочній фермі було проведено з використанням системи моделювання GPSS (General Purpose Simulating System). За допомогою GPSS ми можемо створювати моделі як у безперервному середовищі, так і в дискретному. Наша модель буде використана для проведення експериментального дослідження машини за різних сценаріїв. Експеримент буде супроводжуватися статистичним опрацюванням результатів. Це моделювання дасть можливість оцінити конструкцію та роботу системи до її втілення на фермі.

Розробленою моделлю генерується потік транзактів – так званих обслуговуваних заявок. У даному випадку транзакт – це порція гною від тварин. Транзакти обслуговуються каналами обслуговування (горизонтальний та похилий шинкові транспортери) та знищуються на виході з моделі. Обстеження роботи гноприбирального транспортеру показали, що інтервали часу між подачею гною розподілені експоненційно з математичним очікуванням. Гній проходить спочатку через горизонтальний транспортер. Далі гній подається на похилий транспортер і через певний проміжок часу, розрахований в залежності від швидкості транспортера, видаляється з нього.

Розроблена нами програма дає у підсумку такі показники: число входів транзактів у кожен блок; коефіцієнт зайнятості апаратів обслуговування; готовність обладнання до подальшої роботи; кількість транзактів, що пройшли через кожен сегмент окремо і через всю програму.

Також було визначено, що при моделюванні роботи двох транспортерів завантаженість обох транспортерів знижується, та на горизонтальному транспортері накопичується менша кількість гною.

На підставі проведеного проектування імітаційної моделі технологічної лінії прибирання гною на тваринницькій фермі було визначено, що для оптимальної очистки гною на тваринницькій фермі при заданій кількості тварин, необхідно використовувати ще один гноєприбиральний транспортер.

Ключові слова: імітаційна модель, проектування, технологічна лінія, гной, молочна ферма, GPSS, транспортер, прибирання.

Постановка проблеми. Молочне скотарство є однією з провідних галузей сільського господарства, яка відіграє важливу роль у гарантуванні економічної та продовольчої безпеки держави [1]. Ефективний розвиток молочного скотарства дуже важливий для належного функціонування молокопродуктового комплексу та забезпечення продовольчої безпеки держави. Значення молока важко переоцінити. Серед величезної кількості продуктів тваринного і рослинного походження найбільш досконалим і найбільш цінним стосовно харчового та біологічного поглядів є молоко та молочні продукти.

На сучасному етапі економічного розвитку країни необхідно змінити існуючу зараз нега-

тивну тенденцію падіння виробництва молока. Для того щоб вітчизняне молочне скотарство було рентабельним, конкурентоспроможним і забезпечувало продовольчу незалежність, воно повинно бути високопродуктивним [2, с. 58].

Утримання корів та виробництво молока є наразі не достатньо ефективним через занадто низькі ціни реалізації та занадто високу виробничу собівартість молока, спричинену в першу чергу відсутністю достатнього власного кормовиробництва, фізично та морально зношеним обладнанням та технікою, недосконалою законодавчою базою, несприятливим інвестиційним кліматом в країні, несприятливими економічними, соціальними та політичними складовими [3, с. 34].

Наразі на ринку молока в Україні склалася нестабільна ситуація протягом останніх років. Негативним явищем є зниження купівельної спроможності українців унаслідок дії системи економічних та політичних факторів у країні. Вихід на світові ринки молочної продукції ускладнюється незадовільними показниками якості вітчизняної молочної продукції та невідповідністю міжнародним стандартам. Також негативно вплинуло на розвиток галузі відсутність діючої державної підтримки виробників молока, руйнування системи матеріально-технічного забезпечення. Одним з головних шляхів зростання ефективності виробництва продукції тваринництва, подальшого підвищення його продуктивності та якості кінцевого продукту є індустріалізація цього виробництва, що базується на комплексній механізації. Використання індустріальних методів виробництва у тваринництві вимагає удосконалення технологічних та технічних рішень [4, с. 86].

Видалення гною – це завжди нагальне завдання для всіх тваринницьких комплексів. Це один із найважливіших факторів підтримки задовільного мікроклімату на молочнотоварній фермі. Грамотно організована й втілена у життя система прибирання гною дозволяє витримувати санітарно-гігієнічні норми в приміщенні, благотворно впливає на стан працівників і тварин, а відповідно, й на показники якості молока і м'яса. Цю субстанцію потім можна використати у рослинництві як першокласне добриво. Відтак, потрібні деякі засоби механізації при поводженні з гном, і насамперед це – ланцюгові шкребкові конвеєри чи транспортери.

Устаткування для видалення гною вибирають у господарстві, враховуючи такі критерії, як тип кормів, що даються худобі у конкретному фермерському господарстві, умови, в яких утримуються тварини, якість і хімічний склад води та матеріалу для підстилки (солома, тирса, тощо).

Відсутність у господарстві системи видалення гною, як підраховували експерти, приводить до близько 35-50% зайвих витрат на потреби з очищення стійл і кошар [8, с. 37]. Не варто забувати і про наступне: транспортувавши гній із тваринницької ферми у спеціальне сховище, після певної витримки ми матимемо якісне натуральне добриво. Розкидання його на полях скоротить витрати господарства на плекання прибуткових сільськогосподарських культур або ж зелених кормів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням перспектив розвитку молочного скотарства України та прибирання гною в свій час присвя-

тили свої праці такі дослідники, як: В.Г. Андрійчук, О.М. Васильченко, О.А. Волошина, Л.С. Запасна, М.В. Заходим, М.Й. Малік, В.Я. Месель-Веселяк, М. В. Місюк, Т. Л. Мостенська, В.С. Пономаренко, О.М. Тридід, М.О. Кизим, П.Т. Саблук, А.А. Шевченко, Ю.П. Ковальчук, тощо.

Проте сучасне становище цієї галузі визначає необхідність дослідження та пошук рішень щодо виявлення резервів розвитку як молочного скотарства як галузі, так і проблематиці якісного прибирання гною на фермах, які забезпечать стійкий розвиток галузі та задоволення потреб у якісній молочній та іншій продукції для населення України [10, 11, с. 170].

Також, не зважаючи на значну кількість праць присвячених вивченню проблематики прибирання гною на фермах, чимало питань залишаються досі невирішеними і потребують проведення подальших наукових досліджень.

Формулювання цілей статті. Основною метою даної статті є проектування імітаційної моделі роботи технологічної лінії прибирання гною на тваринницькій молочної фермі.

Виклад основного матеріалу. За період формування ринкових відносин молочне скотарство зазнало значних негативних кількісних і якісних змін, що охопили всі основні процеси, які характеризуються зменшенням поголів'я тварин, спадом виробництва, руйнуванням генетичного і виробничого потенціалу галузі, зниженням ефективності виробництва. Необхідність забезпечення населення продуктами харчування, зміцнення продовольчої незалежності країни визначає необхідність пошуку заходів, спрямованих на відновлення потенціалу галузі та сприяють розвитку молочного скотарства в нових умовах господарювання [5, с. 19].

Сучасні технології виробництва молока, які впроваджені на підприємствах, передбачають, крім сучасних технічних засобів, розробку нових та вдосконалення існуючих підходів до утримання, годівлі, догляду та прибирання гною для рогатої худоби молочного напрямку продуктивності [6, с. 53].

В умовах сучасного виробництва молока з'являється велика кількість новацій, які спрямовані на підвищення ефективності робочих процесів та разом із цим зменшення витрат. Автоматизовані, а в останні часи і роботизовані системи доїння, видалення гною, годівлі дорослих тварин і молодняку, контролю та керування мікрокліматом, систем управління стадом – ось далеко не повний перелік пропозицій на ринку послуг для тих, хто займається молочним скотарством.

Сама проблематика роботи технологічної лінії прибирання гною на тваринницькій молочній фермі має свої особливості.

Організоване прибирання гною у корівниках дозволяє підтримувати там правильні санітарно-технічні умови. Чистота в хлівах і на складі забезпечує якісну роботу обслуговуючого персоналу і сприяє функціональності всього тваринницького комплексу в цілому. Проектування різних пристроїв для збору гною і його зберігання має допомогти облаштовувати агрокомплекси належним чином. При цьому враховується вид тварини, кормів і підстилки. Обов'язково потрібно будівництво окремого гноєсховища біля ферми.

Утримання великої рогатої худоби вимагає чималих зусиль у процесі очищення місць, де вони базуються. Прибирання складських приміщень теж повинно бути регулярним. Якщо цю діяльність запустити, то нечистоти будуть накопичуватися з посиленою швидкістю по всіх площах. Така ситуація викликає незручності у персоналу при роботі з худобою [8, с. 67]. Якщо присутня антисанітарія, то це великий ризик розвитку захворювань у тварин і людей. Ці проблеми є першочерговими і повинні підштовхувати власників ферм споруджувати системи видалення гною в корівниках. Також гній є хорошим добривом і збагачує ґрунт азотом, фосфором, калієм [7, с. 24]. Його використання в особистих угіддях допомагає уникнути додаткових витрат. Також можна налагодити збут відходів життєдіяльності, що дасть додатковий прибуток агрокомплексу (фермі).

Саме тому тема проектування імітаційної моделі роботи технологічної лінії прибирання гною на тваринницькій молочній фермі є дуже актуальною.

Основна частина. Стримуючими факторами розвитку молочного скотарства в Україні є низький рівень закупівельних цін; труднощі з капітальним будівництвом та модернізацією ферм і приміщень через невідповідність кредитної політики фінансових установ для аграріїв; низький рівень інтеграції виробництва та переробки молочної продукції; невисока концентрація поголів'я корів на підприємствах; використання традиційних застарілих технологій у виробництві сировини та інші.

У сучасних умовах господарювання необхідно, як ми вважаємо, підвищити рівень інтенсифікації, яка підвищить ефективність функціонування галузі молочного скотарства. Подальший розвиток галузі необхідно розглядати системно й комплексно, а тому необхідно визначитися із чинниками розвитку галузі молочного скотарства України. Основні чинники розвитку галузі молочного скотарства наведені на рисунку 1 [4, с. 183].

Розглянемо більш докладно системи гноєвидалення на фермах великої рогатої худоби та сам сенс видалення гною.

Різні пристосування для видалення гною з корівника настільки вдосконалені, що виконують роботу набагато якісніше і швидше, ніж ручним способом. Кожен комплекс може підібрати підходящу систему, в залежності від масштабів виробництва.

Для побудови імітаційної моделі технологічної лінії прибирання гною на тваринницькій фермі була використана система моделювання GPSS* (General Purpose Simulating System), розроблена компанією Minuteman Software у 1993 році. За допомогою GPSS World можна створювати моделі як у безперервному середовищі, так і в дискретному. Модель може бути використана для проведення експериментального дослідження машини за різних сценаріїв. Експеримент супроводжу-



Рис. 1. Чинники розвитку галузі молочного скотарства

ється статистичним опрацюванням результатів. Моделювання дає можливість оцінити конструкцію та роботу системи до її втілення на фермі.

Моделлю генерується потік транзактів – обслуговуваних заявок. У даному випадку транзакт – це порція гною від тварин. Транзакти обслуговуються каналами обслуговування (горизонтальний та похилий шнекові транспортери) та знищуються на виході з моделі.

*Примітка [9]: GPSS (англ. *General Purpose Simulation System* – це система моделювання загального призначення) – мова моделювання, що використовується для імітаційного моделювання різних систем, в основному систем масового обслуговування. Широко використовується на вирішення практичних завдань. Динамічним елементом моделі є транзакт – абстрактний об'єкт, який переміщується між статичними елементами, відтворюючи різні події реального об'єкта, що моделюється. У процесі роботи моделі накопичується статистика, що автоматично виводиться після завершення процесу моделювання.

Обстеження роботи гнопризбирального транспортеру показали, що інтервали часу між подачею гною розподілені експоненційно з математичним очікуванням, що дорівнює 8,6 хв.

Гній проходить спочатку через горизонтальний транспортер. Далі гній подається на похилий транспортер і через певний проміжок часу, розрахований в залежності від швидкості транспортера, видаляється з нього.

Число тварин на фермі становить 200 голів. Продуктивність роботи транспортера – 4,5 т/год. Швидкість скребкового транспортера 0,72 м/с.

Час роботи транспортера за зміну 2,4 год.

Лістинг коду програми № 1 наведено нижче:

GENERATE (Exponential(1,0,8.6)) ; подача гною

SEIZE Horyz ; завантаження гною на

горизонтальний транспортер

ADVANCE 15,2

RELEASE Horyz

SEIZE Pohyl ; завантаження гною на

похилий транспортер

ADVANCE 20,5

RELEASE Pohyl

TERMINATE

GENERATE 160

TERMINATE 1

START 1

Така програма дає у підсумку такі показники:

- число входів транзактів у кожен блок;
- коефіцієнт зайнятості апаратів обслуговування;
- готовність обладнання до подальшої роботи;

– кількість транзактів, що пройшли через кожен сегмент окремо і через всю програму.

Лістинг коду результату роботи програми № 1 наведено нижче:

NAME	VALUE								
HORYZ	10000.000								
POHYL	10001.000								
LABEL	LOC	BLOCK	TYPE	ENTRY	COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY	
	1	GENERATE		22			11	0	
	2	SEIZE		11			0	0	
	3	ADVANCE		11			1	0	
	4	RELEASE		10			2	0	
	5	SEIZE		8			0	0	
	6	ADVANCE		8			1	0	
	7	RELEASE		7			0	0	
	8	TERMINATE		7			0	0	
	9	GENERATE		1			0	0	
	10	TERMINATE		1			0	0	

FACILITY	NTRIES	UTIL.	AVE.TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
HORYZ	11	0.991	14.411	1	12	0	0	0	11
POHYL	8	0.888	17.750	1	9	0	0	0	2

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
24	0		161.183	24	0	1		
12	0		166.212	12	3	4		
9	0		177.865	9	6	7		
25	0		320.000	25	0	9		

Зі звіту видно, що через транспортер пройшло 8 подач гною. Горизонтальний транспортер був завантажений на 99,1%, похилий – на 88,8%, при цьому деяка кількість подач гною не пройшла через похилий транспортер. Це свідчить про накопичення гною на горизонтальному транспортері та його перезавантаженість.

При моделюванні роботи двох транспортерів завантаженість обох транспортерів знижується, та на горизонтальному транспортері накопичується менша кількість гною.

Лістинг коду результату роботи моделювання роботи двох транспортерів наведено нижче:

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
HORYZ	2	2	0	2	17	1	1.651	0.825	0	0
POHYL	2	0	0	2	17	1	1.360	0.680	0	0

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
17	0		162.373	17	6	7		
19	0		164.481	19	0	1		
18	0		171.614	18	6	7		
20	0		320.000	20	0	9		

Результати: на підставі проведеного проектування імітаційної моделі технологічної лінії прибирання гною на тваринницькій фермі було визначено, що для оптимальної очистки гною на тваринницькій фермі при кількості тварин 200 голів, необхідно використовувати ще один гноєприбиральний транспортер.

Висновки. Виконано проектування імітаційної моделі роботи технологічної лінії прибирання гною на тваринницькій молочній фермі за допомогою системи моделювання GPSS.

На підставі проведеного проектування імітаційної моделі технологічної лінії прибирання гною на тваринницькій фермі було визначено, що для оптимальної очистки гною на тваринницькій фермі при кількості тварин 200 голів, необхідно використовувати ще один гноєприбиральний транспортер.

Список літератури:

1. Світовий ринок молока і місце України на ньому – Режим доступу: <http://agronews.ua/node/69825> – Назва з екрана. – Дата звернення: 11.04.22.
2. Іванова А.С. Молочне скотарство: сучасний стан та проблеми вирішення. Агросвіт. 2017. № 22. С. 57-63.
3. Петриненко О.А. Аналіз тенденцій розвитку галузі молочного скотарства в ланці молокопродуктового ланцюга. Економіка АПК. 2018. №5. С. 33-40.
4. Економіка виробництва молока і молочної продукції в Україні: монографія / за ред. П.Т. Саблука, В.І. Бойка. Київ: ННЦ ІАЕ, 2005. 340 с.
5. Аверчева Н.О. Підвищення якості молока як основа конкурентоспроможності продукції на Європейському ринку. Агросвіт. 2019. №22. С. 19-30.
6. Заходим М. В. Сучасний стан і тенденції розвитку молочного скотарства в Україні. Економіка та інноваційний розвиток національного господарства. 2016. № 1–2. С. 53–58.
7. Асташов Н.Є., Слюсарев І.М. Механізація тваринництва. -М: Колос, 1992. 290 с.
8. Мельников С.В. Технологічне обладнання тваринницьких ферм та комплексів. Л. : Агропромиздат, 1985. - 640с.
9. GPSS – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/GPSS> – Назва з екрана. – Дата звернення: 11.04.22.
10. Лубко Д.В., Зінов'єва О.Г., Шаров С.В. Розробка інформаційно-довідкової системи агронома для ефективного вирощування соняшника в Україні. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 2.
11. Лубко Д.В., Шаров С.В. Розробка інтелектуальної інформаційної системи для птахівництва. Системи обробки інформації: Збірник наукових праць // Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – Вип. 4 (150). Харків, 2017. С. 170-174.

Lubko D.V., Sharov S.V., Zinovieva O.H. DESIGN OF THE SIMULATION MODEL OF WORK OF THE TECHNOLOGICAL LINE OF CLEANING OF MANURE ON THE ANIMAL DAIRY FARM

The design of a simulation model of the technological line of manure collection on a livestock dairy farm was carried out using the GPSS modeling system (General Purpose Simulating System). With GPSS World, we can create models in both continuous and discrete environments. Our model will be used to conduct an experimental study of the machine in different scenarios. The experiment will be accompanied by statistical processing of the results. This simulation will allow to evaluate the design and operation of the system before its implementation on the farm.

The developed model generates a flow of transactions – the so-called service requests. In this case, the transaction is a portion of manure from animals. Transactions are served by service channels (horizontal and inclined screw conveyors) and are destroyed at the exit of the model. Surveys of the manure conveyor have shown that the time intervals between the manure supply are distributed exponentially with mathematical expectations. The manure passes first through a horizontal conveyor. Then the manure is fed to the inclined conveyor and after a certain period of time, calculated depending on the speed of the conveyor, is removed from it.

The program developed by us gives the following indicators: the number of transaction entries in each block; employment rate of service devices; readiness of equipment for further work; the number of transactions that passed through each segment separately and through the entire program.

It was also determined that when modeling the operation of two conveyors, the load of both conveyors is reduced, and less horizontal manure accumulates on the horizontal conveyor.

Based on the design of the simulation model of the technological line of manure collection on the livestock farm, it was determined that for optimal cleaning of manure on the livestock farm with a given number of animals, it is necessary to use another manure conveyor.

Key words: simulation model, design, technological line, manure, dairy farm, GPSS, conveyor, cleaning.