

ISSN 2222-8594

НАУКОВИЙ ВІСНИК

**НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ**

Серія “Техніка та енергетика АПК”

212/2

Київ – 2015

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК / Редкол.: С.М. Ніколаєнко (відп. ред.) та ін. – К., 2015. – Вип. 212/2. – 336 с.

Висвітлено результати наукових досліджень, проведених працівниками Національного університету біоресурсів і природокористування України і в співпраці із закордонними науковцями, працівниками навчальних закладів Міністерства освіти і науки України, Міністерства аграрної політики та продовольства України та науководослідних інститутів НАН України і НААН України.

Редакційна колегія: С.М. Ніколаєнко (відповідальний редактор), І.І. Ібатуллин (заступник відповідального редактора), В.Д. Войтюк (заступник відповідального редактора), В.І. Кирилюк (відповідальний секретар), І.Л. Роговський (заступник відповідального секретаря), В.В. Адамчук, Л.В. Аніскевич, Є.Г. Афтанділянц, А.І. Бойко, В.М. Булгаков, Д.Г. Войтюк, Г.А. Голуб, О.І. Давиденко, Петро Євич, Євгеній Красовські, В.І. Кравчук, В.С. Ловейкін, Марек Светлік, В.Г. Мироненко, В.М. Несвідомін, Павловські Тадеуш, С.Ф. Пилипка, В.Г. Самосюк, В.В. Теслюк, С.Г. Фришев.

Рекомендовано до друку Вченою радою НУБіП України, протокол № 9 від 22 квітня 2015 р.

Згідно з постановою Вищої атестаційної комісії України від 01 липня 2010 р. № 1-05/5 збірник науковий праць «Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК», внесений до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть бути опубліковані результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступеней доктора, кандидата технічних наук.

Збірник науковий праць «Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК» внесено до бібліографічної бази даних наукових публікацій РІНЦ (ліцензійний договір від 01 листопада 2013 р. №666-11/2013-343).

Відповідальний за випуск І.Л. Роговський.

Адреса редколегії: 03041, Київ-41, вул. Героїв оборони, 15,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України, тел. 527-82-41

© Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2015

ЗМІСТ

МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ

КАФЕДРИ «МЕХАНІЗАЦІЯ ТВАРИННИЦТВА» – 55 РОКІВ <i>І.І. Ревенко, М.М. Чос, О.О. Заболотько</i>	10
ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТВАРИННИЦТВА В СУЧАСНИХ УМОВАХ <i>Г.А. Голуб</i>	19
ПЕРСПЕКТИВИ ТА ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГАЛУЗІ МОЛОЧНОГО ТВАРИННИЦТВА УКРАЇНИ <i>А.І. Фененко, В.В. Ткач, С.В. Ткачук</i>	27
ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ БАГАТОПРОФІЛЬНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА <i>Г.А. Голуб, С.М. Кухарець</i>	35
МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ І ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОГО ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТВАРИННИЦТВА <i>В.В. Шацький, Д.О. Мілько</i>	45
ВИТРАТИ ПОТУЖНОСТІ НА ПРИВОД ГВИНТА ГРАНУЛЯТОРА КОРМІВ <i>В.В. Братішко</i>	53
АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ ТИСКУ І ЗАКОНІВ ВИТІКАННЯ КОРМУ З БУНКЕРА <i>В.В. Радчук</i>	58
МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЕЛЕТ З БІЛКОВОЇ ФРАКЦІЇ МАКУХИ НАСІННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР <i>Е.Б. Алієв, О.М. Пацула, В.Л. Кутіщев</i>	63
ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК КОЕФІЦІЄНТА ЗАПОВНЕННЯ ТА КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ БАРАБАННОГО ЗМІШУВАЧА <i>О.М. Ачкевич, Г.А. Голуб</i>	69
СТЕНД ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО РОЗДАВАЧА-ДОЗАТОРА КОМБІКОРМІВ <i>В.І. Банга, В.Т. Дмитрів, Ю.В. Банга</i>	76
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОДУКТИВНОСТІ ДОЗАТОРА-ЗМІШУВАЧА КОМПОНЕНТІВ КОМБІКОРМІВ <i>Р.В. Городняк</i>	81
ВИЗНАЧЕННЯ УМОВИ ЗАТЯГУВАННЯ ЗЕРНА ВАЛЬЦЕМ У ВАЛЬЦЕДЕКОВІЙ ЗЕРНОДРОБАРЦІ <i>С.Є. Потапова</i>	87
ТЕНДЕНЦІЇ СТВОРЕННЯ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ПІДГОТОВКИ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ ДО ЗГОДОВУВАННЯ В УМОВАХ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ ГОСПОДАРСТВ УКРАЇНИ <i>Н.В. Шейко, М.О. Пилипенко</i>	92

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ПРИГОТУВАННЯ КОМБІКОРМІВ В УМОВАХ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ ГОСПОДАРСТВА О.О. Заболотько, В.М. Сорокін	103
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ГОДІВЛІ ВРХ В.І. Костенко, О.О. Заболотько, В.С. Хмельовський	115
ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КОРМОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ М.І. Денисенко, А.С. Опальчук	122
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕВОГО ПРИ ЙОГО СУШІННІ І.В. Нездвецька	132
КІНЕТИКА ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ КОМБІКОРМОВИХ СУМІШОК Г.А. Голуб, О.М. Ачкевич	138
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТРИВАЛОСТІ НАПОВНЕННЯ ПОВІТРЯМ СИСТЕМИ „ДОЇЛЬНИЙ СТАКАН-ПУЛЬСАТОР” В.В. Адамчук, І.В. Дмитрів, В.Т. Дмитрів	142
АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ І ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ПНЕВМОМЕМБРАННИХ ПУЛЬСАТОРІВ ПОПАРНОЇ ДІЇ ТА ОБГРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ЇХ РОБОТИ В.М. Сиротюк, С.М. Баранович	148
ЕНЕРГООЩАДНА ТЕХНОЛОГІЯ МАШИННОГО ДОЇННЯ ВРХ М.І. Магац	156
ДИНАМІКА ЗМІНИ ТИСКУ В ОБ'ЄМАХ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОЇ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ О.В. Медведський	161
МОДЕЛЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ ПРИ ОПТИМАЛЬНІЙ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ОПЕРАТОРА МАШИННОГО ДОЇННЯ В.Т. Дмитрів	167
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ СЕРВОКОНТРОЛЯ РОТАЦІЙНОГО ПЛАСТИНЧАСТОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ Ю.О. Линник	174
ЧАСОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ ПНЕВМОЕЛЕКТРО- МАГНІТНОГО ПУЛЬСАТОРА ПОПАРНОЇ ДІЇ В.Т. Дмитрів, Ю.М. Лаврик	178
ОБГРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНИХ ВАКУУМНИХ НАСОСІВ З ПОХИЛИМ РОЗМІЩЕННЯМ ПЛАСТИН В.Ю. Дудін, М.М. Науменко, С.І. Павленко	185

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАСТИНЧАТИХ ВАКУУМНИХ НАСОСІВ В.Ю. Дудін, С.І. Павленко, Д.Ф. Кольга, М.В. Колончук	190
ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ З РІЗНИМИ РЕЖИМАМИ РОБОТИ КЕРУЮЧОЇ ЛАНКИ О.О. Заболотько, В.М. Демченко	203
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМУ ТРАНСПОРТУВАННЯ МОЛОКОПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ В МОЛОЧНОМУ ШЛАНЗІ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА В.І. Ачкевич, О.М. Ачкевич	208
МЕТОДИКА ІНЖЕНЕРНОГО РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРА ДЛЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ В.М. Яропуд, Е.Б. Алієв	214
ОЦІНЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОХИБОК ПРИ КОНТРОЛІ ЯКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ ВОДИ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ІМПЕДАНСУ О.Й. Гонсьор, Г.М. Дмитрів	221
ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СКЛАДУ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛІ ІЗ БУДІВЕЛЬНОЇ ПОВСТІ ДЛЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ Е.Б. Алієв	226
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВАЛЯННЯ ГРУБОЇ ОВЕЧОЇ ВОВНИ В ПОВСТЯНИЙ ПЛАСТ НА МАЛОГАБАРИТНІЙ ПЛИТНО-ВАЛЯЛЬНІЙ МАШИНІ Е.Б. Алієв, С.І. Павленко	233
НОВІТНЄ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УТРИМАННЯ КУРЕЙ-НЕСУЧОК ТБК ДН ВІД ТОВ "ВО ТЕХНА" В.Б. Зора	240
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБЕРТОВИХ МЕТАНТЕНКІВ С.М. Кухарець, В.Г. Спиридонов	248
ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЧАСТИНОК БІОМАСИ ПІД ЧАС ОБЕРТАННЯ МЕТАНТЕНКА Г.А. Голуб, С.М. Кухарець	254
СКРЕПЕРНА УСТАНОВКА З УДОСКОНАЛЕНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ ДЛЯ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ Г.А. Голуб, В.С. Хмельовський, М.І. Ікальчик	265
АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПОМИЛОК ПРИ СПОРУДЖЕННІ САМОПЛИВНОЇ СИСТЕМИ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ НА СВИНОКОМПЛЕКСАХ Н.І. Болтянська	269
ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СКРЕПЕРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ М.І. Ікальчик	277
ВИБІР ВЕЛИЧИН НАТЯГУ ЛАНЦЮГА ПОХИЛОГО ТРАНСПОРТЕРА ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ Р.Л. Швець, Г.А. Голуб	288

ОБҐРУНТУВАННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ СЕПАРУВАННЯ ГНОЮ В.С. Хмельовський, О.В. Хмельовський, Р.Л. Шеєць	293
РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В БІОКОНВЕРСІЇ ОРГАНІЧНОЇ СИРОВИНИ С.І. Павленко	297
ДВОЄМНІСНА МОДЕЛЬ ГУМУСНОГО СТАНУ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА АГРОЕКОСИСТЕМ Г.А. Голуб, С.М. Кухарець	302
ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОДРІБНЮВАЧА НОЖОВО-ШТИФТОВОГО ТИПУ І.І. Ревенко, Р.Г. Василенко	308
ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРУ СПРАЦЮВАННЯ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ У ФЕРМСЬКИХ МАШИНАХ В.І. Ребенко	313
ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ СТРИГАЛЬНИХ МАШИНОК МСУ-200 В.С. Хмельовський, К.Д. Веселівський	324
ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ БУДІВНИЦТВА ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ С.М. Герук, О.М. Сукманюк	329

CONTENTS

MACHINES AND MEANS OF MECHANIZATION

DEPARTMENT "MECHANIZATION LIVESTOCK" - 55 YEARS <i>I.I. Revenko, M.M. Chos, O.O. Zabolotko</i>	10
TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SUPPORT PRODUCTION IN MODERN CONDITIONS <i>G.A. Golub</i>	19
PROSPECTS AND TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SUPPORT FIELD OF UKRAINE DAIRY CATTLE <i>A.I. Fenenko, V.V. Tkach, S.V. Tkachuk</i>	27
EFFECTIVENESS OF MULTIPLE AGRICULTURAL ENTERPRISES <i>G.A. Golub, S.M. Kuharets</i>	35
METHODOLOGICAL PRINCIPLES AND PATTERNS OF DEVELOPMENT COMPETITIVE TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SUPPORT ANIMAL <i>V.V. Shatsky, D.O. Milko</i> ...	45
LOSS OF POWER TO DRIVE SCREW GRANULATOR FEED <i>V.V. Bratishko</i>	53
ANALYSIS OF PRESSURE AND DISTRIBUTION LAWS LEAKAGE FEED FROM THE BUNKER <i>V.V. Radchuk</i>	58
EXPERIMENTAL RESEARCH METHODOLOGY PLANTS FOR MANUFACTURING PELLETS WITH PROTEIN FRACTION MAKUCH OILSEEDS <i>E.B. Aliyev, O.M. Patsula, V.L. Kutischev</i>	63
RELATIONSHIP FILL FACTOR AND ANGLE SPEED DRUM MIXER <i>O.M. Achkevych, G.A. Golub</i>	69
STAND EXPERIMENTAL RESEARCH WORKING FOR INDIVIDUAL DISTRIBUTOR DISPENSER FODDER <i>V.I. Banga, V.T. Dmitrov, Yu.V. Banga</i>	76
EXPERIMENTAL RESULTS PERFORMANCE DISPENSER COMPONENTS MIXER FODDER <i>R.V. Horodnyak</i>	81
DEFINITION OF TERMS OF GRAIN TIGHTENING ROLLERS IN ROLLER-MILL DECK GRAIN <i>S.Ye. Potapova</i>	87
TRENDS CREATION OF PREPARATION MECHANIZATION CONCENTRATED FEED FOR FEEDING UNDER LIVESTOCK FARMS UKRAINE <i>N.V. Shejko, M.O. Pylypenko</i>	92
POLICY DIRECTIONS PREPARATION FODDER UNDER LIVESTOCK ECONOMY <i>O.O. Zabolotko, V.M. Sorokin</i>	103
EFFICIENCY OF COMBINED TRANSPORT TECHNOLOGICAL MEANS FOR FEEDING CATTLE <i>V.I. Kostenko, O.O. Zabolotko, V.S. Hmelovskyy</i>	115

RATIONALE METHODS AND TECHNOLOGIES STRENGTHENING AND RESTORATION OF WORKING FORAGE COMBINES M.I. Denisenko, A.S. Opalchuk	122
EXPERIMENTAL RESULTS FOR ENSURING QUALITY CHICORY ROOT OF ITS DRYING I.V. Nezdvetska	132
KINETIC PROCESS MIXING FEED MIXES G.A. Golub, O.M. Achkevych	138
RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES LENGTH OF FILLING AIR SYSTEM "MILKING CUPS - PULSATOR" V.V. Adamchuk, I.V. Dmytriv, V.T. Dmytriv	142
ANALYSIS OF STRUCTURES AND PARAMETERS OF WORK PNEVMOMEMBRAN PULSATOR PAIRS ACTION BACKGROUND AND THEIR OPERATION MODE V.M. Syrotyuk, S.M. Baranovych	148
SAVING TECHNOLOGIES MACHINE MILKING CATTLE M.I. Magats	156
DYNAMICS OF CHANGE IN VOLUME DESIGN PRESSURE ELEMENTS MOBILE MILKING VACUUM SYSTEM INSTALLATION O.V. Medvedsky	161
MODELLING OF THE NUMBER OF MILKING MACHINES UNDER OPTIMUM LOAD OF OPERATOR OF MACHINE MILKING V.T. Dmytriv	167
FEASIBILITY STUDY OF SYSTEM ROTARY SERVOCONTROL PLATE VACUUM PUMPS MILKING INSTALLATION Yu.O. Linnik ..	174
TIME PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF PNEVMOELEKTROMAGNETIC PULSATOR PAIRS V.T. Dmytriv, Yu.M. Lavrik	178
RATIONALE FOR GEOMETRICAL PARAMETERS ROTARY VACUUM PUMP WITH SLOPING MOVING PLATES V.Yu. Dudin, M.M. Naumenko, S.I. Pavlenko	185
ENERGETIC PARAMETERS PLATE VACUUM PUMP V.Yu. Dudin, V.I. Pavlenko, D.F. Kolha, M.V. Kolonchuk	190
PRODUCTION TEST WITH DIFFERENT MILKING MACHINES OPERATING MODE CONTROL ELEMENT O.O. Zabolotko, V.M. Demchenko	203
RESEARCH OF TRANSPORTATION MILK – AIR MIXTURE IN MILKING MACHINE HOSE V.I. Achkevych, O.M. Achkevych	208
ENGINEERING METHOD OF CALCULATION PARAMETERS HEAT RECOVERY UNITS FOR ANIMAL PREMISES V.M. Yaropud, E.B. Aliyev	214

PERFORMANCE EVALUATION ERRORS IN CONTROL PARAMETERS FOR WATER QUALITY PARAMETERS IMPEDANCE O.Y.Honsyor, G.M. Dmitrov	221
JUSTIFICATION OF RATIONAL SANDWICH PANELS BUILDING WITH TALE FOR LIVESTOCK BUILDINGS E.B. Aliyev	226
MATHEMATICAL MODEL OF FELTING ROUGH IN WOOL FELT LAYERS ON SMALL-SIZED PLATE-FULLING MACHINE E.B. Aliyev, S.I. Pavlenko	233
MODERN EQUIPMENT MAINTENANCE OF LAYING HENS TBA DL FROM COMPANY "VO Techna" V.B. Zora	240
STUDY ENERGY EFFICIENCY REVERSIBLE DIGESTERS S.M. Kuharets, V.G. Spiridonov	248
DEFINING THE PARAMETERS OF PARTICLES BIOMASS DURING ROTATION DIGESTERS G.A. Golub, S.M. Kuharets	254
INSTALLATION SCRAPER WITH ADVANCED WORKING BODIES FOR MANURE G.A. Golub, V.S. Hmelovskyy, M.I. Ikalchyk	265
ANALYSIS OF BASIC ERRORS IN CONSTRUCTION GRAVITY MANURE PERIODIC SYSTEM ACTION ON PIG COMPLEX N.I.Boltyanska	269
GROUND INSTALLATION PARAMETERS SCRAPERS FOR MANURE M.I. Ikalchyk	277
SELECT SIZE CHAIN TENSION ELDERLY FORWARDERS FOR MANURE R.L. Shvets, G.A. Golub	288
GROUND INSTALLATION SEPARATION MANURE V.S. Hmelovskyy, O.V. Hmelovskyy, R.L. Shvets	293
ORGANIC RESOURCE SAVING IN BIOCONVERSION RAW MATERIALS S.I. Pavlenko	297
DUBLE MODEL HUMUS SOIL ENVIRONMENT AGRO-ECOSYSTEMS G.A. Golub, S.M. Kuharets	302
RATIONALE BANDWIDTH PIN-KNIFE CHOPPER TYPE I.I. Revenko, R.G. Vasilenko	308
DETERMINATION OF CHARACTER OF WEAR OF LUBRICANTS IN FARM MACHINES V.I. Rebenko	313
COMPARISON OF RELIABILITY OF WORK CUTTING APPARATUS HAIRCUT MACHINES MSU-200 V.S. Hmelovskyy, K.D. Veselivskyy	324
HISTORICAL ASPECTS CONSTRUCTION LIVESTOCK PREMISES S.M. Heruk, O.M. Sukmanyuk	329

МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ

УДК 631.3(091);636.2.083.084

КАФЕДРИ «МЕХАНІЗАЦІЯ ТВАРИННИЦТВА» – 55 РОКІВ

І.І. Ревенко, доктор технічних наук

М.М. Чос, інженер

О.О. Заболотько, кандидат технічних наук

Розглянуто історичні аспекти становлення кафедри механізація тваринництва, вклад науковців та етапи розвитку матеріальної бази в підготовці фахівців в галузі тваринництва та механізації виробничих процесів.

Ювілей, наука, кафедра, механізація тваринництва, історія, етапи, наукова школа, підготовка фахівців.

Постанова проблеми. Вагомість тієї чи іншої кафедри, як основного структурного підрозділу вищого навчального закладу, визначається не лише самою назвою, а в першу чергу тим, чого навчають (зміст), на чому здійснюється навчання (матеріально-технічна база) та хто навчає (кадрове забезпечення).

Аналіз останніх досліджень, літературних і нормативних джерел свідчить, що за період свого існування кафедра механізації тваринництва має вагомі здобутки в усіх напрямках діяльності.

Метою досліджень. Аналіз історії кафедри механізації тваринництва, як основного структурного підрозділу вищого навчального закладу.

Результати досліджень. Досить не просту історію кафедри умовно можна поділити на кілька етапів, а саме: становлення, інтенсивного розвитку і навіть розквіту та сучасний стан. Окремо дисципліна «Механізація тваринницьких ферм» була виділена ще у 1951 році з курсу сільськогосподарські машини. Статус самостійного ж підрозділу кафедра набула у 1960 році за наказом союзного Міністерства вищої та середньої спеціальної освіти. Засновниками і організаторами кафедри були доценти П.І. Кондратюк та В.М. Синявський, асистенти О.Л. Івашин та Д.А. Домашенко [1]. Першим завідувачем кафедри був обраний доцент І.Т. Осьмак.

Після 1965 року в країні почала відбуватися інтенсифікація сільськогосподарського виробництва. В тому числі швидкими темпами розвивалося тваринництво, розширювалась номенклатура машин та обладнання для цієї галузі, підвищувався їх технічний рівень.

© І.І. Ревенко, М.М. Чос, О.О. Заболотько, 2015



Рис. 1. В роки становлення кафедри очолювали доценти: (зліва на право) І.Т. Осьмак (1960–1963 рр.), П.І. Кондратюк (1963–1964 рр.), В.М. Синявський (1964–1966 рр.).

У 1966 року до керівництва кафедри прийшов доцент А.А. Яворський, який мав великий виробничий і керівний досвід. З цього часу почався інтенсивний розвиток кафедри. Її база була передислокована у навчальний корпус №7, значно розширилися площі лабораторій. Щороку вони поповнювалися новими машинами та обладнанням, розроблялися нові лабораторні роботи. Зростала й чисельність викладацького складу, в окремі роки досягала 12–15 чоловік [2, 3].

За часи завідування доцентом Д.С. Чубовим на кафедрі були створені комплексні міжфакультетські технологічні лабораторії. Продовжувалося доукомплектування їх новим обладнанням. Цьому сприяла активна допомога об'єднання „Укрсільгосптехніка”.

У 1989 році кафедра була визнана зразковою [4, 5]. В цьому ж році на базі кафедри був проведений всесоюзний семінар завідувачів і викладачів споріднених кафедр, на якому були представники 104 вузів країни. Вони відмітили, що наша кафедра має найкращу матеріально-технічну базу.

Після захисту докторської дисертації у 1991 році її завідувачем став один з авторів даної статті [6–10]. В результаті зміцнення і розширення зв'язків кафедри з виробничими підприємствами та науково-дослідними організаціями АТ «Брацлав», АТ „Уманьферммаш”, заводами Новоград-Волинський «Сільшам», «Ковельсьільмаш» та „Ніжинсьільмаш”, міжнародними фірмами «Де Лаваль» (Швеція) в Україні і «Вестфалія-Ландтехнік» (Німеччина), ННЦ «ІМЕСГ», УкрЦВТ та іншими продовжувалося оновлення і поповнення матеріально-технічної бази новим обладнання вітчизняного виробництва. В 1999 році в лабораторії кафедри був змонтований фрагмент уста-

новки нового покоління провідної світової компанії „Альфа-Лаваль”. На відкритті цієї доїльної установки був присутній тодішній президент України Л.Д. Кучма.



Рис. 2. Інтенсивний розвиток кафедри та його вершина припадає на період керування її колективами доцентами А.А. Яворським (1966–1976 рр.) та Д.С. Чубовим (1977–1992 рр.), професором І.І. Ревенком (1992–2006 рр.).



Рис. 3. Відвідування кафедри президентом України Л.Д. Кучмою при відкритті доїльної установки.

Тривалий час кафедра здійснювала навчання спочатку за дисципліною „Механізації тваринницьких ферм”, назва якої потім була змінена на „Механізацію виробництва продукції тваринництва”. Такі назви цілком відповідали змісту підготовки фахівців технологічного та економічного спрямувань, проте не зовсім підходили для інженерно-технічних спеціальностей, особливо після появи нового факультету «Конструювання і дизайн машин».

В 1993–1994 рр. при розробці перших в Україні нових навчальних планів та у зв'язку з розширення номенклатури спеціальностей і введенням нових спеціалізацій наша кафедра стала ініціатором введення нових навчальних дисциплін. В результаті цього були започатковані нові навчальні курси „Машини та обладнання для тваринництва”, „Машиновикористання у тваринництві”, „Проектування механізованих технологічних процесів у тваринництві”, „Монтаж і пусконаладження фермських машин та обладнання”. За керівництва і безпосередньої участі викладачів кафедри було розроблено і впроваджено у навчальний процес повне програмне і літературне забезпечення всіх дисциплін циклу „Механізація тваринництва”, відповідно до цього було змінено і назву кафедри. Всього співробітники кафедри є співавторами 8 підручників та 29 навчальних посібників.

Кафедра механізації тваринництва є профільною (випускаючою) і щорічно готує 20–30 бакалаврів напряму «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва», 10–15 бакалаврів напряму «Машинобудування», а також 25–40 магістрів спеціальностей «Механізація сільського господарства» і «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва».

На жаль в нових навчальних планах підготовки спеціалістів ветеринарного профілю не знайшлося місця вивченню питань з механізації тваринництва. Певно при зміні назви з ветеринарії на медицину дехто вважає необов'язковою профілактичну роботу фахівців. А саме машинні технології, специфіка використання засобів механізації можуть як сприяти стану здоров'я тварин, так і спричиняти його порушення.

В 90-ті роки минулого і на початку XXI-го століття (до 2005 р.) наша кафедра була центром підвищення кваліфікації спеціалістів АПК та викладачів споріднених кафедр вищих навчальних закладів. Маршрути ознайомлення з нашим університетом більшості вітчизняних та закордонних делегацій і гостей включали, як правило, і відвідування лабораторій кафедри механізації тваринництва.

Проте з часом з боку ректорату все частіше нав'язувалися недалекоглядні і необґрунтовані пропозиції, зокрема, про доцільність переведення кафедри до складу зооінженерного факультету. Таке рішення вочевидь понижувало б рейтинг кафедри, з провідної про-

філюючої переводило її на другорядний рівень. І не було сприйняте як колективом кафедри, так і керівництвом факультету та інституту. Наступним, уже реалізованим кроком була передача окремих наших лабораторій кафедрам технології виробництва і переробки молока та яловичини, свинарства і вівчарства, птахівництва. Незважаючи на те, що для вказаних кафедр розміщені в них машини та обладнання не є об'єктами вивчення. І практично їм не потрібні. Нам же не стало можливості проводити заняття в цих лабораторіях через зайнятість приміщень.

Завершенням активної „допомоги” з боку ректорату була передача ряду приміщень новоствореній кафедрі будівництва. При цьому більшість навчального обладнання нашої кафедри спочатку було винесено у двір, а потім і роздано навчальним господарствам. Нині замість існувавших до цього 9 комплексних технологічних лабораторій залишилися 3 навчальні та одна навчально-науково-виробнича лабораторія. Серед них повноцінною для навчального процесу є лише лабораторія „Машинного доїння”.

Таким чином матеріальна база, яка створювалась протягом майже півстоліття, була зруйнована за три–чотири роки, кафедра практично залишилася біля розбитого корита, що різко погіршило рівень лабораторних занять.

Останні роки на посаді завідувача кафедри був доцент О.О. Заболотько (2006–2010 рр. та 2012–2014 рр.), а потім став професор Г.А. Голуб (2011–2012 рр.) та з кінця 2014 року й понині. Зараз викладацький склад кафедри – 2 професори, 6 кандидатів наук та доцентів, 2 асистенти [11]. Кафедра приймає участь у підготовці фахівців ОКР «Бакалавр» факультетів механіко-технологічного, конструювання та дизайну, енергетики і автоматики, тваринництва та водних біоресурсів, біотехнологій та екології, економічного, аграрного менеджменту, а також ОКР «Магістр» факультетів механіко-технологічного, конструювання та дизайну.

Крім навчальної та методичної роботи колектив кафедри постійно приймав і приймає активну участь у проведенні наукових досліджень. Дослідницька робота кафедри була спрямована за такими двома основними напрямками:

- удосконалення існуючих та розробка нових засобів механізації виробництва продукції тваринництва;
- обґрунтування наукових принципів, технологічних та технічних рішень ресурсозбереження при виробництві продукції тваринництва.

У даний час наукова робота кафедри націлена в основному на розробку механізованих технологій, технологічних процесів та засобів механізації для конкурентоспроможного екологічно безпечного виробництва сільськогосподарської продукції, забезпечення енерге-

тичної автономності біотехнологічних систем. Всі керівники кафедри, а також професор О.О. Омельченко, який тривалий час співпрацював за сумісництвом з нашою кафедрою, в міру можливості здійснювали підготовку кадрів вищої кваліфікації. За матеріалами наукових досліджень, виконаних впродовж існування кафедри підготовлено і захищено 3 докторські та 21 кандидатських дисертацій.



Рис. 4. Колектив кафедри механізації тваринництва (2015 рік): сидять (зліва направо) доцент О.О. Заболотько, к.т.н. С.Є. Потапова, професор І.І. Ревенко, завідувач кафедри, професор Г.А. Голуб, асистент О.М. Ачкевич, майстер виробничого навчання О.Х. Костенко; стоять доцент В.І. Ребенко, майстер виробничого навчання Т.М. Нечупій, асистент В.В. Радчук, доценти М.М. Чос та В.С. Хмельовський, старший лаборант М.О. Тетервак, завідувач лабораторіями В.М. Сорокін.

Перша докторська дисертація, підготовлена на кафедрі, була захищена у 1991 році – „Інтенсифікація переробки кормів молотковими подрібнювачами” (І.І. Ревенко); потім у 1998 році – А.І. Фененком „Техніко-технологічні аспекти удосконалення молоко-вакуумних систем доїльних установок” (науковий консультант, проф. І.І. Ревенко), а у 2005 році доцент В.М. Манько захистив дисертацію „Теоретичні та методичні основи ступеневого навчання майбутніх інженерів-механіків сільськогосподарського виробництва”.

Крім навчально-методичної література, співробітниками та ас-

пірантами кафедри опубліковано 4 монографії і понад 900 наукових праць; отримано більше 500 авторських свідоцтв та патентів на винаходи, серед яких 28 у співавторстві зі студентами; розроблено і виготовлено більше 20 зразків нових машин та обладнання. Окремі розробки були представлені на виставках різного рівня, а співробітники кафедри отримали 3 срібні (проф. І.І. Ревенко, доц. О.М. Пилипенко) та бронзову (доц. С.П. Ліщинський) медалі ВДНГ СРСР, бронзову медаль і диплом 3 ступеня ВДНГ України (проф. І.І. Ревенко, ст. викл. Є.П. Добровольський).

До основних наукових і науково-технічних результатів досліджень, виконаних в різні роки співробітниками кафедри, слід віднести:

- розвиток теорії подрібнення, розробка кількісного критерію та класифікації матеріалів за їх здатністю до подрібнення; обґрунтування системи принципів ресурсозбереження при виробництві продукції тваринництва (проф. І.І. Ревенко);

- розробка технологічних процесів та нових технічних засобів: механізації роздавання кормів, використані в конструкціях кормороздавачів КТУ-10 та КУТ-3 (проф. О.О. Омельченко, доц. А.А. Яворський);

- переробки грубих кормів на борошно і пасту молотковими подрібнювачами без попереднього різання, а також раціональних схем розміщення молотків на барабані – в експериментальній дробарці ДКМ та серійних дробарках ДКМ-5 і ДМ-Ф-4 (проф. І.І. Ревенко);

- очищення доїльного та іншого обладнання – в господарствах України (доц. В.П. Звенигородський);

- підготовки до згодовування зерна сої (доц. О.М. Пилипенко);

- методики розрахунків агрегатів для теплової обробки кормів (доц. В.М. Синявський) та молоткових подрібнювачів кормів (проф. І.І. Ревенко), які використані в підручниках та навчальному процесі;

- нормативні документи оцінки якості подрібнення кормів (ОСТ 70.19.2-84, проф. І.І. Ревенко), випробування обладнання для переробки (ОСТ 70.20.3-83) та установки для метанового зброджування (РД 10.20.1-87, доц. М.М. Чос) гною, СОУ 29.3-37-440:2006 "Комплекс машин і обладнання для індустриальних молочних ферм. Загальні технічні вимоги" (доц. О.О. Заболотько та доц. С.П. Ліщинський) та СОУ 29.3-37-441:2006 "Конвеєрні штангово-ланцюгові системи видалення гною з приміщень для утримання тварин. Загальні технічні вимоги" (доц. М.М. Чос);

- сумісно з Сумським НАУ розробка методики та лабораторного обладнання для оцінки стану мастильних матеріалів, що використовуються у фермських машинах (проф. І.І. Ревенко, доценти

І.М. Ребенко та В.І. Ребенко);

- методика досліджень процесу подрібнення зерна з визначенням технологічних, енергетичних та якісних показників роботи дробарок, обґрунтовано їх раціональні параметри, розроблено конструкцію молоткової зернодробарки продуктивністю 2 т/год, а також преса для переробки насіння олійних культур на корм (доц. О.М. Пилипенка);

- нова конструктивно-функціональна схема та дослідні зразки доїльних апаратів попарно-комбінованої дії, які дозволяють скоротити тривалість машинного додоювання в 1,9–2,1 рази, проведено їх виробниче випробування, удосконалено конструктивно-монтажну схему та конструктивні рішення основних елементів доїльних установок, які впроваджені у 3 господарствах Київської і Миколаївської областей (проф. І.І. Ревенко, доценти О.О. Заболотько та С.П. Ліщинський);

- удосконалено конструктивно-монтажну схему та конструктивні рішення основних елементів доїльних установок (доценти О.О. Заболотько та С.П. Ліщинський), які впроваджені у 3 господарствах Київської і Миколаївської областей;

- розроблені рішення удосконалених засобів приготування і роздачі кормових сумішок на фермах великої рогатої худоби, напування тварин (доцент В.С. Хмельовський).

Крім того, проведені дослідження і розроблені нові технічні рішення вальцьових та молоткових зернодробарок, подрібнювачів стеблових кормів, способу приготування комбінованих кормів та агрегати для їх реалізації, стригальної машинки ротаційного типу тощо.

Висновок. За період свого існування кафедра механізації тваринництва має вагомі здобутки в усіх напрямках діяльності. Нинішній потенціал колективу також здатен їх примножувати. Проте для успішного вирішення важливих завдань з підготовки кадрів та виконання сучасних науково-технічних проблем надважливо здійснити реанімацію лабораторної бази кафедри.

Список літератури

1. Черніговський І. Нова кафедра / І. Черніговський // За сільськогосподарські кадри. – 1960. – №58 (197). – С. 1.
2. Факультету механізації сільського господарства – 50 років / [А.М. Жадан, Л.Ю. Беренштейн, Д.Г. Войтюк та ін.] // За сільськогосподарські кадри. Спеціальний випуск. – 1979. – №46 (1247). – 8 с.
3. Развитие механизации и электрификации сельского хозяйства Украинской ССР / [Н.П. Барабан, Н.И. Бублик, П.М. Василенко и др.] ; АН УССР, Ин-т истории, Укр. науч.-исслед. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва, Всесоюз. науч.-исслед. конструктор.-технол. ин-т по машинам для комплекс. механизации

- ції и автоматизации животновод. ферм, Науч.-произв. об-ние, Укр. с.-х. акад. – К.: Наукова думка, 1988. – 472 с.
4. Чубов Д.С. В підсумку – звання «Зразкова» / Д.С. Чубов // За сільськогосподарські кадри. – 1989. – №29 (1643). – С. 3.
 5. Чубов Д.С. Кафедри – 30 / Д.С. Чубов // За сільськогосподарські кадри. – 1990. – №18 (1661). – С. 3.
 6. Чос М.М. Від аспіранта до завідувача кафедри / М.М. Чос, Є.М. Мозоленко // За сільськогосподарські кадри. – 1997. – №10 (1769). – С. 3.
 7. Факультет механізації сільського господарства. До 100-річчя з дня заснування Національного аграрного університету / Д.Г. Войтюк, Я.М. Михайлович, В.В. Калайда. – К.: Такі справи, 1998. – 40 с.
 8. Івану Івановичу Ревенко – 70 // Техніка АПК. – 2007. – №10. – С. 45.
 9. Войтюк Д.Г. Механіко-технологічний факультет: до 80-річчя від дня заснування факультету / Д.Г. Войтюк, Я.М. Михайлович, З.А. Шквира. – К.: Видавництво НУБіП України, 2009. – 48 с.
 10. Войтюк Д.Г. Нарис з історії Навчально-наукового технічного інституту Національного університету біоресурсів та природокористування України (ННТІ НУБіП України): До 80-річчя від дня заснування механіко-технологічного факультету / Д.Г. Войтюк, Я.М. Михайлович, З.А. Шквира. – К.: Видавництво НУБіП України, 2010. – 168 с.
 11. Ревенко І.І. Життя і доля / І.І. Ревенко, О.О. Заболотько // Університетський кур'єр. Газета Національного університету біоресурсів та природокористування України. – 2012. – №1 (1934). – С. 6.

Рассмотрены исторические аспекты становления кафедры механизация животноводства, вклад научных кадров и этапы развития материальной базы в подготовке специалистов в отрасли животноводства и механизации производственных процессов

Юбилей, наука, кафедра, механизация животноводства, история, этапы, научная школа, подготовка специалистов.

The historical aspects of formation of department of mechanization of livestock, the contribution of scientists and stages of development of material resources in training in livestock and mechanization of production processes.

Anniversary, science, department, mechanization of livestock, history, milestones, scientific school, training of specialist.

ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТВАРИННИЦТВА В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Г.А. Голуб, доктор технічних наук

Приведено результати аналізу сучасного стану галузі тваринництва та намічено перспективні напрямки розвитку його техніко-технологічне забезпечення.

Тваринництво, техніка, технології, органічне виробництво, переробка, підготовка кадрів.

Постановка проблеми. На сьогодні перед людством постало декілька проблем. Серед них продовольча, енергетична та екологічна, розв'язання яких вимагає максимально ефективного балансування харчових, сировинних та енергетичних потреб з можливостями агроecosystem. Комплексне вирішення цих проблем спрямоване на подолання протиріччя, суть якого в тому, що збільшення виробництва продуктів харчування або виробництва та споживання енергії призводить до порушення екологічної рівноваги і погіршення стану навколишнього природного середовища. Останнім часом підвищення врожайності сільськогосподарських культур забезпечується використанням нових сортів та завдяки широкому застосуванню мінеральних добрив, пестицидів, гербіцидів, стимуляторів росту, збільшенню інтенсивності обробітку ґрунту. Це призводить до падіння родючості ґрунтів та вимагає періодичного перегляду і збільшення значень нормативних показників, які характеризують безпечність продуктів харчування. Як показує досвід, натуральну високоякісну продукцію можна отримувати без використання синтетичних речовин при одночасному збереженні родючості ґрунту, однак у цьому випадку резерви збільшення виробництва обмежені, що вступає у протиріччя з потребами у сільськогосподарській продукції. Тому проблема виробництва якісних та безпечних для людини продуктів харчування в кількості, достатній для забезпечення потреб населення з одночасним відтворенням родючості ґрунтів, а також техніко-технологічне забезпечення її вирішення є актуальною для агропромислового виробництва.

Аналіз останніх досліджень. Загальновідомо, що технічне забезпечення сільськогосподарського виробництва, яке включає амортизаційні витрати – нормативні відрахування від вартості споруд, машин та обладнання, вартість пального, мастильних

© Г.А. Голуб, 2015

матеріалів, електроенергії, палива та енергії, а також запасні частини, ремонт та будівельні матеріали для ремонту з урахуванням сучасних тенденцій зростання цін на паливно-мастильні матеріали, займає у загальних витратах на виробництво сільськогосподарської продукції 22,3 %, окремо для рослинництва – 25,2 % та для тваринництва – 14,6 % [1].

На сучасному етапі техніка стає більш складною (роботизація технологічних операцій, GPS контроль і управління агрегатами та ін.). Зростає також номенклатура машин завдяки впровадженню нових технологій. Одночасно відбувається фізичне і моральне старіння машино-тракторного парку, що призводить до значних втрат. Серйозні впливи на сільськогосподарське виробництво мають наслідки подорожчання моторних палив (збільшення ціни дизельного палива на 1 грн/кг призводить до додаткових витрат у розмірі до 2,0 млрд. грн). Це спонукає до розробки енергозберігаючих технологій та відповідної техніки, використанню альтернативних моторних палив, впровадженню переробки сировини на місцевому рівні, оптимізації інфраструктури і транспортних послуг. Такі інноваційні зміни забезпечують додаткову прибутковість сільськогосподарського виробництва [2, 3].

Що стосується галузі тваринництва, яка має на сьогодні тенденції до зростання, необхідно проводити подальші дослідження в напрямку аналізу стану та визначення перспектив подальшого розвитку з урахуванням техніко-технологічного забезпечення галузі на основі вирішення наукових та технічних задач.

Мета досліджень. Проаналізувати стан виробництва продукції тваринництва та намітити шляхи подальшого удосконалення його техніко-технологічного забезпечення.

Результати досліджень. Аналіз показує, що в сучасних умовах сільське господарство розвивається за двома основними напрямками. Перший – це крупно масштабне виробництво зерна з використанням заданих норм мінеральних добрив, повного набору пестицидів та генетично модифікованих культур. Досвід показує, що у фінансовому плані це дає найбільший ефект, оскільки кількість голодуючого населення на планеті зростає, а відповідно і попит на продукцію отриману в інтенсивних системах землеробства не зменшується. При цьому немає потреби розвивати тваринництво, оскільки вироблене зерно експортується, що приносить значні кошти. У такому випадку техніко-технологічне переозброєння виробництва повинно здійснюватися у короткий період на базі високопродуктивної імпоротної техніки, в тому числі придбаної за державні кошти. Негативні наслідки такої концепції – забруднення навколишнього середовища, зменшення біологічного різноманіття в агроєкосистемах, дегуміфікація ґрунтового покриву, відсутність органічних продуктів харчування

для власного населення та занепад сільської інфраструктури. Не слід також нехтувати тим фактом, що такий розвиток сільського господарства не відповідає природним принципам функціонування біосистем, а тому через деякий час природні механізми почнуть протидіяти збільшенню інтенсивності виробництва методами, що не властиві для попередніх періодів. Серйозним соціальним фактором є також те, що у цьому випадку обслуговування виробництва доцільно здійснювати вахтовим методом, що сприятиме прискореній міграції сільського населення у міста. Другий – це екологічно безпечне, диверсифіковане (багатопрфільне) виробництво натуральних продуктів харчування з широким використанням органічних та помірним використанням мінеральних добрив, біологічних засобів захисту та сортів культур районованих в Україні. При цьому тваринництво виконує роль переробної галузі для продуктів рослинництва та є джерелом фінансових надходжень і робочих місць. Хоча тваринництво і має нижчу рентабельність ніж рослинництво, яке забезпечує можливість існування незначній кількості людей, оскільки має високий рівень технічного забезпечення, у той же час, розвиток тваринництва при незначній рентабельності забезпечує значно більший обсяг прибутків, робочі місця і заробітні плати упродовж всього року і в кінцевому підсумку сприяє соціальному розвитку села. У цьому випадку техніко-технологічне забезпечення виробництва може бути здійснено за більш довгий період і проводиться на базі вітчизняної техніки, яка має бути придбана за власні кошти фінансово стабільних сільськогосподарських підприємств при посильній участі держави. Негативні наслідки такого підходу до виробництва – зменшення масштабів виробництва зерна і його імпорту, а відповідно і фінансових надходжень у державний бюджет. Позитивні – стабільний розвиток сільських територій, збільшення біологічного різноманіття в агроекосистемах, виробництво органічних продуктів харчування високої якості. У перспективі це призведе до фінансової стабілізації багатопрфільних сільськогосподарських підприємств, а відповідно і платежів у бюджет. Досвід розвитку сільського господарства в Україні показує, що більш життєвим є перший напрямок розвитку, а відповідно він і має більше поширення. У той же час як другий варіант розвитку властивий для поодиноких крупних підприємств орієнтованих на експорт продукції у ЄС та ентузіастів екологічно безпечного виробництва органічних продуктів харчування.

Слід зазначити також про доцільність розвитку техніко-технологічного забезпечення енергетичної автономності сільськогосподарського виробництва на основі біопалив для забезпечення компенсації втрат від подорожчання традиційних викопних палив.

Статистичні дані (рис. 1) зміни поголів'я тварин та птиці за

останні роки свідчать про стабілізацію поголів'я корів як у сільськогосподарських підприємствах, так і в господарствах сільського населення. При цьому поголів'я корів у господарствах сільського населення у порівнянні з 1990 роком практично не змінилося і знаходиться на рівні близько 2 млн. голів, в той же час поголів'я корів у сільськогосподарських підприємствах за цей проміжок час зменшилося приблизно на порядок. Поголів'я свиней як у сільськогосподарських підприємствах, так і в господарствах сільського населення стабілізувалося на рівні приблизно 4 млн. голів. Що стосується поголів'я птиці у сільськогосподарських підприємствах, то воно відновилося у порівнянні з 1990 роком на рівні 132-133 млн. гол. Стабільно високим (на рівні близько 100 млн. гол.) залишається також кількість птиці в господарствах населення. Поголів'я коней за час незалежності України у сільськогосподарських підприємствах зменшилося в 35 разів, а в господарствах населення виросло в 10 разів, що опосередковано свідчить про рівень використання коней для виконання робіт у сільськогосподарських підприємствах та господарствах населення.

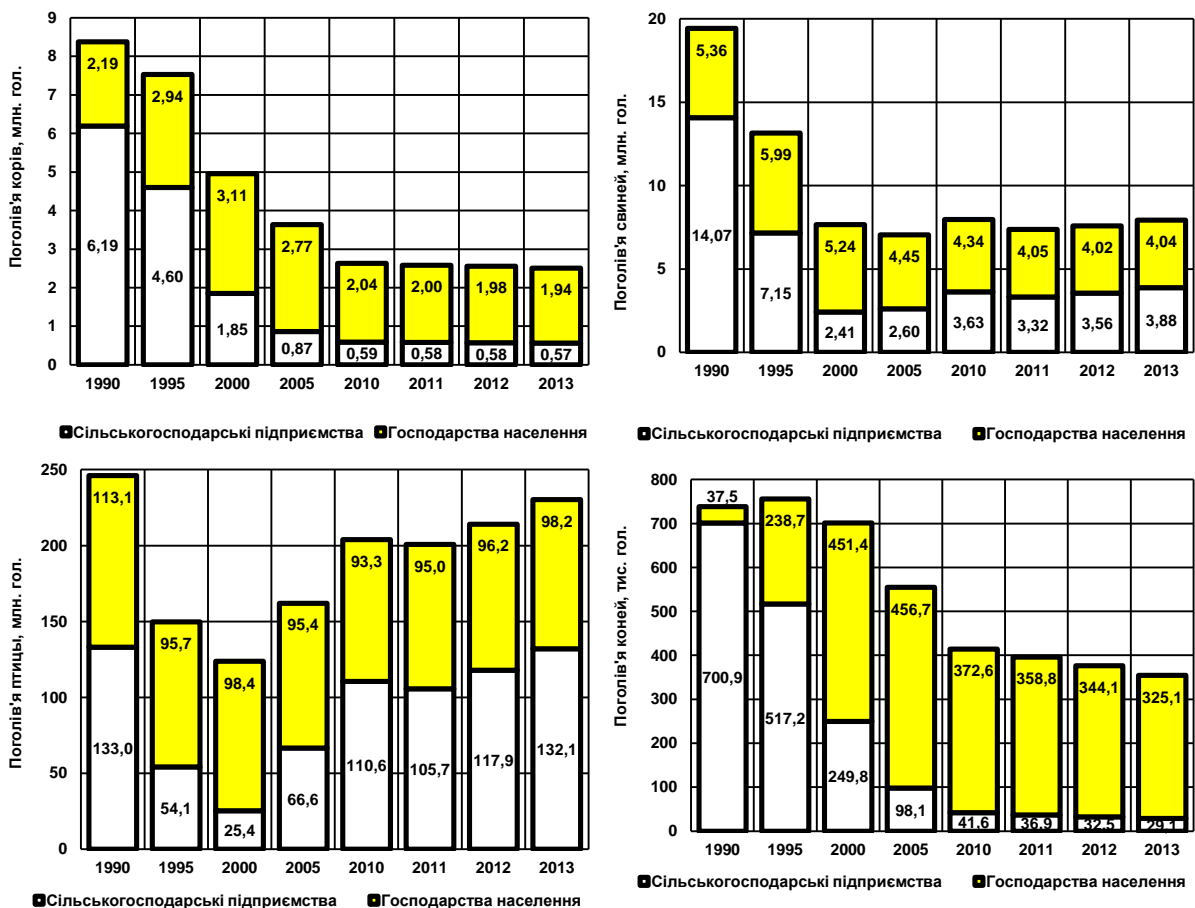


Рис. 1. Динаміка поголів'я тварин та птиці за останні роки.

Аналіз динаміки виробництва продукції тваринництва (рис. 2) свідчить про те, що виробництво яєць і вовни в Україні дещо збіль-

шилося, а м'яса і молока зменшилося приблизно в два рази. Співвідношення між виробництвом яєць у сільськогосподарських підприємствах та господарствах сільського населення практично не змінилося, в той же час виробництво вовни практично зосередилося в господарствах населення. Виробництво м'яса господарствами населення практично зберігається на рівні 1 млн. т. У той же час виробництво м'яса у сільськогосподарських підприємствах має тенденцію до зростання. На даний час виробництво молока в сільськогосподарських підприємствах та господарствах населення стабілізувалося, а співвідношення обсягів виробництва становить приблизно 1 до 3 на користь господарств населення.

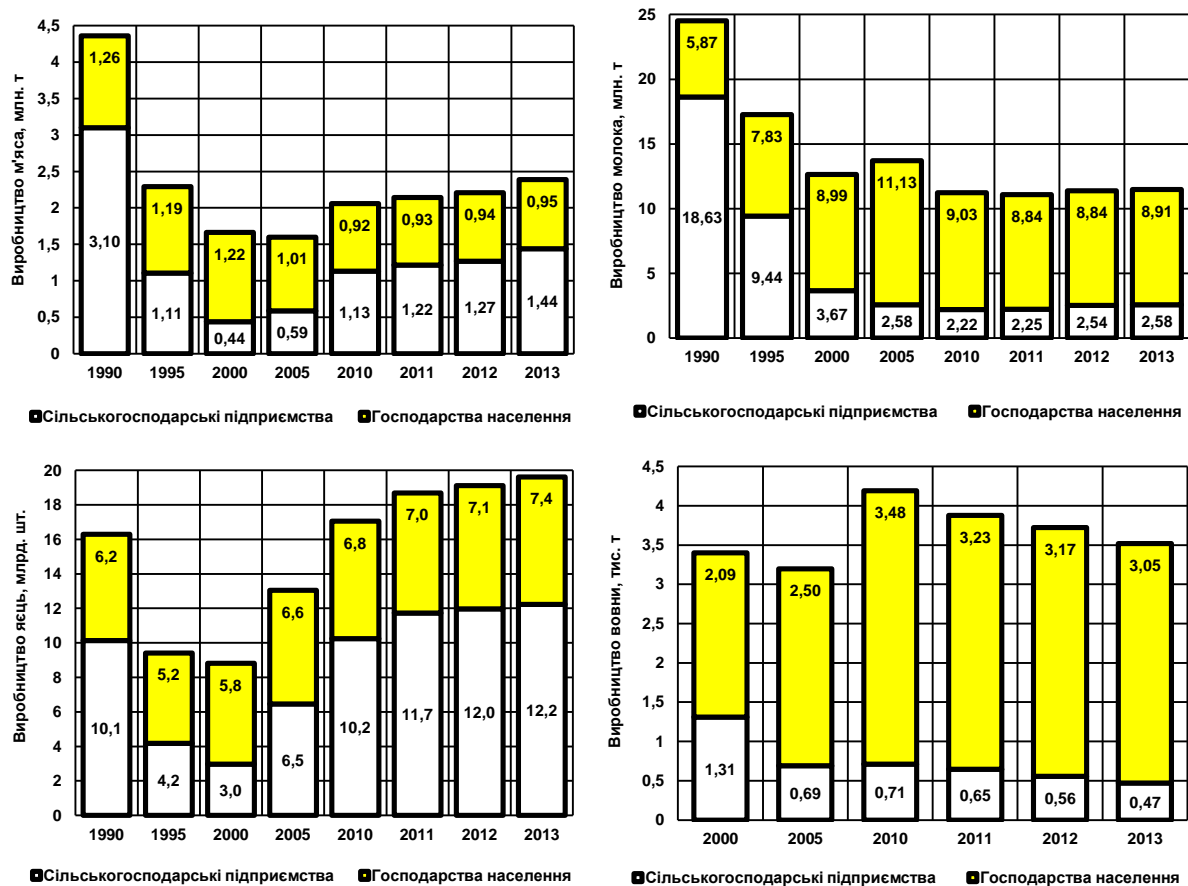


Рис. 2. Динаміка виробництва продукції тваринництва за останні роки.

При виборі напрямків техніко-технологічного забезпечення тваринництва доцільно також звертати увагу на групування підприємств за чисельністю поголів'я (табл. 1). Як видно із табл. 1 кількість ферм із поголів'ям корів до 200 гол. становить близько 70 %, а для фермерських господарств – за 90 %.

Ефективність тваринництва у визначальній мірі залежить від кормовиробництва, а саме раціональної заготівлі та використання

кормових ресурсів. У структурі витрат на виробництво продукції тваринництва, наприклад, у 2012 році витрати на корми становили 55,1%, у 2013 році – 57,5%.

1. Групування підприємств за чисельністю поголів'я корів на кінець 2013 року.

Поголів'я, гол.	Кількість:		із них фермерські	
	одиниць	%	одиниць	%
до 5	398	12,4	250	30,2
6 - 20	527	16,5	199	24,0
21 - 49	369	11,6	150	18,2
50 - 99	388	12,1	103	12,4
100 - 199	564	17,6	70	8,5
Всього	2246	70,2	772	93,3
200 - 299	356	11,1	33	4,0
300 - 399	200	6,2	8	1,0
400 - 499	114	3,6	5	0,6
500 - 999	228	7,1	8	1,0
Більше 999	57	1,8	1	0,1
Всього	3201	100	827	100

Проведений нами аналіз поживності кормів на основі культур сівозміни у 2013 р. (82,7% посівних площ) показав (рис. 3), що найбільшу поживність у кормових одиницях можна отримати при вирощуванні кукурудзи на зерно – 8333 кор. од./га.



Рис. 3. Аналіз поживності кормів на основі культур сівозміни у 2013 р.

Серйозною основою кормової бази тваринництва є також од-норічні та багаторічні трави (сінаж та сіно), оскільки без них немож-ливе ефективне рослинництво в плані підтримання родючості ґрун-тів, хоча їх питома вага у структурі сівозміни становить лише 5,7 %.

В Україні також є всі підстави для виробництва достатньої кіль-кості концентрованих кормів, оскільки зернові культури, які є осно-вою для такого виробництва вирощується в значній кількості (31,1 % посівних площ). Виробництво молока неможливе без силосу, але в структурі сівозмін, на наш погляд, кукурудзи на силос вирощується недостатньо, лише 1,4 % посівних площ.

Слід також звертати увагу на продукти переробки олійних куль-тур (фуз і макуху), оскільки ці культури починають займати все біль-шу частину в структурі сівозмін – 17,8 % соняшник та 3,6 % ріпак. Що стосується виробництва монокорму, воно потребує значних енерге-тичних витрат на процес сушіння, а тому його використання в умо-вах енергетичної кризи є недоцільним.

За даними багатьох досліджень та виробничого досвіду, годів-ля повноцінними сумішками у порівнянні з роздільним згодовуван-ням кормів, завдяки збільшенню рівня поїдання концентрованих ко-рмів на 10–15% та грубих кормів в півтора рази, а також підвищенню перетравлювання кормів на 5–7%, дозволяє підняти виробництво продукції тваринництва на 15–20%. У ЄС та США в сумішках згодо-вується від 75 до 96% кормів, в той час як в Україні навпаки.

У сучасних умовах, коли галузь тваринництва після спаду упродовж 2000–2007 років показує ріст рентабельності виробництва (7,8 % у 2010 р., 13 % у 2011, 14,3 % у 2012 та 11,3 % у 2013 р.), для її розвитку необхідно забезпечити:

- модернізацію існуючих ферм із запровадженням виробництва екологічно безпечної продукції тваринництва на відміну від будівництва крупних комплексів, які потребують значних капіталовкладень і загрожують забрудненню одного із головних багатств природи – ґрунтової води;

- оснащення ферм сучасними біогазовими установками та майданчиками для механізованого компостування гною та посліду, що забезпечить виробництво в заданій кількості органічних добрив для рослинництва;

- розвиток виробництва і використання біопалив для підвищення рівня енергетичної автономності тваринницької галузі за рахунок виробництва і використання дизельного біопалива (виробництво біоетанолу у необхідних обсягах може забезпечити переробна промисловість) та використання соломи на теплові потреби.

Розвиток галузі переробки продукції тваринництва найбільш

доцільно здійснювати в умовах сільськогосподарського виробництва. У нинішніх умовах така переробка може бути забезпечена із дотримання стандартів якості продукції. При цьому рівень переробки продукції в умовах сільськогосподарського виробництва повинен здійснюватися не лише з урахуванням економічної доцільності, а й соціального значення цього виробництва. Рівень якості продукції, яку забезпечують крупні переробні фабрики в містах ми відчули вже в повній мірі, щоденно переконуючись у її низькому рівні.

Формування техніко-технологічного забезпечення тваринництва неможливе також без врахування кадрового забезпечення, яке залежить від якісної підготовки інженерів, які володіють широким науково-технічним та гуманітарним кругозором, здатних вирішувати складні завдання науково-технічного прогресу.

Підготовка інженерів повинна бути направлена на здатність сприймати та творчо усвідомлювати всебічну, динамічно зростаючу науково-технічну та соціально-економічну інформацію, виявляти сутність та вектори процесів розвитку техніки.

Професійна підготовка інженерів є складною соціально-педагогічною системою, що спрямовується на формування майбутнього фахівця таким чином, щоб він міг організувати свій подальший професійний розвиток і самовдосконалення.

Складність підготовки таких фахівців, необхідність володіння ними математичним апаратом у значній мірі відштовхує випускників шкіл від вступу на інженерні спеціальності. У зв'язку з цим виникає потреба створення механізмів підвищення соціального статусу інженера у суспільстві.

Висновок. Аналіз стану виробництва продукції тваринництва та намічені шляхи подальшого удосконалення його техніко-технологічного забезпечення сприятимуть збільшенню виробництва екологічно безпечної продукції, забезпечать збільшення виробництва органічних добрив для рослинництва та сприятимуть підвищенню рівня енергетичної автономності тваринницької галузі за рахунок виробництва і використання біопалив.

Список літератури

1. *Статистичний бюлетень "Основні економічні показники виробництва продукції сільського господарства в сільськогосподарських підприємствах за 2013 рік"*. – К.: Державна служба статистики України, 2014. – 84 с.
2. *Новітні технології біоенергоконверсії* : монографія / [Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелету-ха, І.П. Григорюк та ін.]. – К.: Аграр Медіа Груп, 2010. – 326 с.
3. *Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад* / За ред. В.О. Дубровіна, Анни Гжибек та В.М. Любарського. – Kaunas: IAE LUA, 2009. – 120 с.

Приведено результати аналізу сучасного стану галузі тваринництва та наведено перспективні напрямки розвитку її техніко-технологічного забезпечення.

Животноводство, техніка, технології, органічне виробництво, переробка, підготовка кадрів.

Results of analysis of the current state of the livestock industry and is scheduled to promising areas of its technical and technological support are given.

Livestock, machinery, technology, organic production, processing, personnel training.

УДК 631.17:636

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГАЛУЗІ МОЛОЧНОГО ТВАРИННИЦТВА УКРАЇНИ

А.І. Фененко, доктор технічних наук

В.В. Ткач, кандидат технічних наук

С.В. Ткачук, інженер

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

Дано узагальнені результати досліджень щодо техніко-технологічного забезпечення та визначено тенденції розвитку галузі молочного тваринництва України.

Апарат доїльний, ферма з виробництва молока, доїльний зал, біотехнічна система, молочне тваринництво.

Постановка проблеми. На сьогодні в Україні переважна більшість поголів'я корів (77,5%) утримується в особистих підсобних господарствах, які виробляють біля 73% молока та забезпечують майже 50% сировинних потреб молокопереробної галузі. Це пов'язано з різким скороченням поголів'я корів у сільськогосподарських підприємствах в період з 1990 по 2000 рік, в результаті якого виник дефіцит сировини для переробної галузі. Намагання компенсувати його за рахунок особистих підсобних господарств громадян, яке має місце сьогодні, це лише вимушене тимчасове явище, в наслідок того, що збірне молоко не придатне для виготовлення якісної продукції через підвищений рівень санітарної небезпеки та значні затрати на збирання і транспортування.

© А.І. Фененко, В.В. Ткач, С.В. Ткачук, 2015

Аналіз останніх досліджень. Разом з тим одним із завдань Державної цільової програми розвитку українського села на період до 2015 року є забезпечення продовольчої безпеки країни шляхом збільшення виробництва продукції тваринництва, зокрема і молока, для досягнення науково обґрунтованих норм споживання харчових продуктів та підтримки експортного потенціалу.

Мета досліджень. Узагальнення стану галузі та вітчизняного досвіду щодо обґрунтування параметрів, режимів роботи та типорозмірних рядів технічно надійної і фізіологічно безпечної доїльної техніки та планувально-технологічних рішень ферм з виробництва молока.

Результати досліджень. На сучасному етапі розвитку галузі молочного тваринництва України ефективно виробництво високоякісного молока можливе лише за умови комплексного вирішення низки ключових задач галузі, а саме:

- перехід до виробництва товарного молока для переробної галузі виключно в умовах промислових ферм з виробництва молока;
- впровадження сучасних планувально-технологічних рішень ферм спрямованих на забезпечення максимального комфорту утримання корів та скорочення енерговитрат;
- широке впровадження засобів автоматизації та автоматичного управління технологічним процесом ферм з виробництва молока;
- використання фізіологічно-безпечного доїльного обладнання з мінімальним негативним впливом на здоров'я корів та на мікроструктуру молочного жиру з метою отримання якісних продуктів органічної переробки молока;
- комплектація ферм високопродуктивним поголів'ям корів та організація селекційної роботи на загальнодержавному рівні;
- забезпечення ферм високоякісними екологічно чистими кормами та впровадження сучасних систем годівлі;
- комплексне вирішення питань утилізації відходів ферми, екологічно безпечного виробництва органічних добрив та енергозабезпечення ферми;
- забезпечення галузі кваліфікованими спеціалістами починаючи від персоналу ферм і закінчуючи спеціалістами з монтажу обладнання та сервісного обслуговування;
- наукове забезпечення галузі на усіх етапах виробництва продукції.

Україна виробляє в рік лише 275 кг молока на душу населення, тоді, як мінімальна фізіологічно обґрунтована норма складає 380 кг, а поголів'я корів у промисловому секторі господарювання не перевищує 580 тис. голів. При цьому на кожну тисячу чоловік населення припадає 58 голів корів, а середні річний надій складає близько 3900

літрів (рис. 1). Разом з тим, на сьогодні в США цей показник складає 40 голів корів на одну тисячу чоловік, в Англії – 44, у Канаді – 41, в країнах ЄС – 45-48, в Росії – 66. При цьому середня продуктивність корів в Україні значно менше, ніж у країнах з розвинутим молочним скотарством. Так, лідером за показником середніх надоїв є Ізраїль (10 000 літрів), що значно переважає середньоєвропейський рівень (5900 літрів).

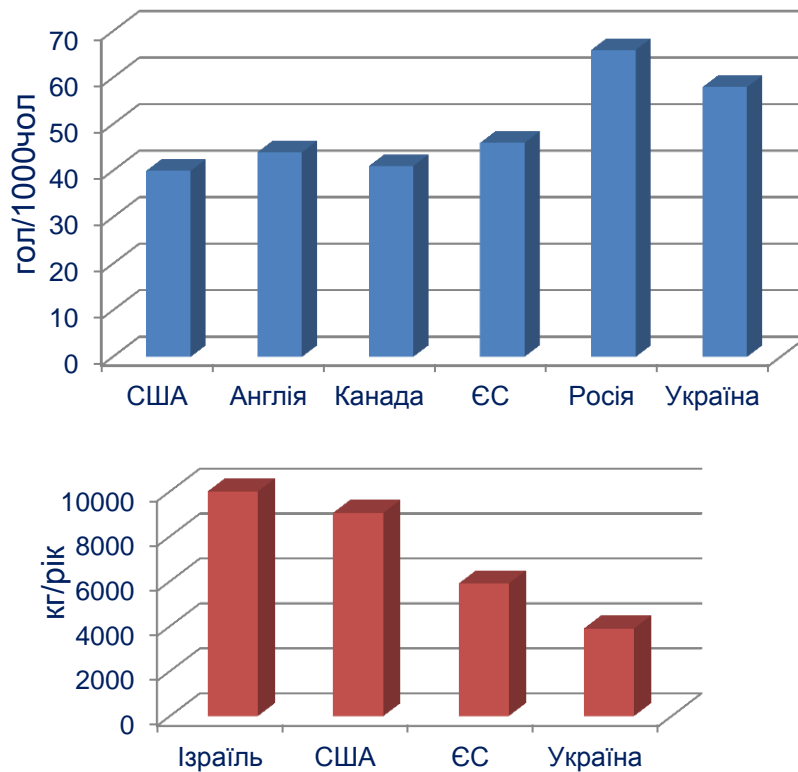


Рис. 1. Питоме поголів'я та середня продуктивність корів у країнах світу.

Відтак можна зробити висновок, що необхідне нарощування поголів'я корів в промисловому секторі господарювання і забезпечення максимальної реалізації їх генетичного потенціалу з метою збільшення середньорічних надоїв.

Результати проведених в ННЦ «ІМЕСГ» досліджень свідчать, що для забезпечення продовольчої безпеки країни поголів'я корів у промисловому секторі господарювання має налічувати біля двох мільйонів голів, за умови середньорічного надою на рівні 7500 літрів на голову.

Безумовно, перспективним напрямком має бути будівництво нових ферм з безприв'язним утриманням і обов'язковим використанням автоматизованих систем управління технологічним процесом виробництва молока, без яких безприв'язні технології втрачають

практично всі свої переваги. Але на першому етапі переоснащення і нарощування потужностей промислового виробництва молока має вестися, як за рахунок створення нових ферм так і за рахунок модернізації і нарощування поголів'я на існуючих фермах з прив'язним утриманням.

При цьому слід зазначити, що реконструкція корівників під безприв'язне утримання доцільна лише в приміщеннях з безопорною конструкцією, а вартість таких робіт лише на 15-25% менша від будівництва нового сучасного приміщення.

В ННЦ «ІМЕСГ» розроблено проектно-технологічні рішення ферм з виробництва молока різних розмірів в основу яких покладено приміщення спроектовані з врахуванням сучасних технологічних вимог (рис. 2, рис. 3).

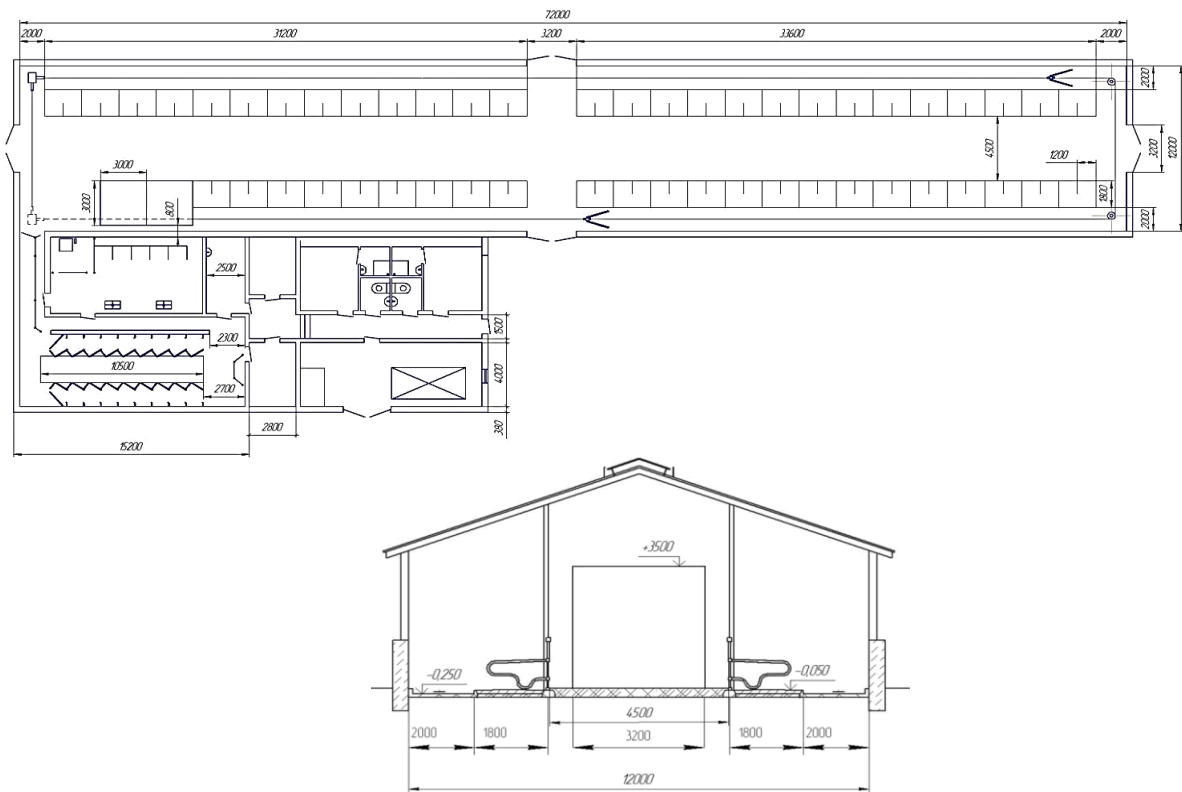
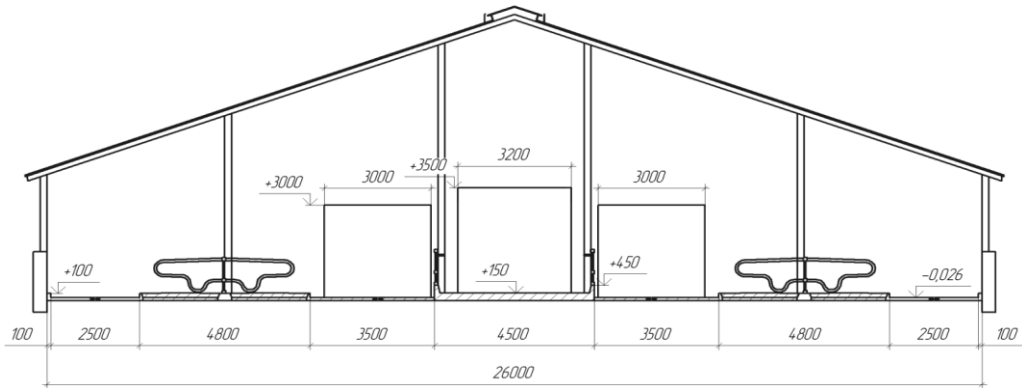


Рис. 2. План і розріз виробничого модуля на 100 голів корів з комбіксовим утриманням і доїльним залом.

Технологічна ширина таких приміщень складає 6,5 м на один ряд тварин. Окремі з них апробовано під час реконструкції дворядного корівника молочнотоварної ферми дослідного господарства ННЦ «ІМЕСГ» ДПДГ «Оленівське» (рис. 4). Реконструкція передбачала: облаштування приміщення корівника новим утепленим дахом з світловенталіаційним коньком, заміну старих вентиляційних фрамуг на металопластикові, демонтаж годівниць та влаштування кормового столу, перепланування стійл і монтаж стійлового обладнання вироб-

ництва ВАТ «Брацлав», облаштування молочної у торці приміщення та монтаж доїльної установки «Брацлавчанка». В результаті використання утепленого даху та ефективної вентиляції покращився мікроклімат приміщення та знизилась прояви конденсації вологи у зимовий період, а в літній період незважаючи на відсутність вентиляційних штор в приміщенні зберігається прохолода.



Розмір приміщення	26×96 м
Площа забудови	2496 м ²
Питома площа	10 м ² /гол
Фронт годівлі	0,7 м/гол
Ширина центрального проходу з кормовим столом	4,5 м
Ширина кормових проходів	3,5 м
Ширина технологічних проходів біля стін	2,5 м
Ширина поперечного проходу біля напувалок	5 м

Рис. 3. Розріз виробничого приміщення для безприв'язного утримання 256 голів корів



Рис. 4. Реконструйована ферма з виробництва молока в ДПДГ «Оленівське».

З метою підвищення ефективності технологічного процесу виробництва молока в умовах ферм з прив'язним утриманням в ННЦ «ІМЕСГ» розроблено автоматичну систему щозмінного обліку індивідуальних надоїв корів для ферм з прив'язним утриманням (рис. 5,

рис. 6), яка призначена для автоматичного збору інформації про щозмінний індивідуальний надій корів та її передачі до загальної бази даних для подальшого використання при розрахунку норми видачі концентрованих кормів та планування ветеринарних заходів.



Рис. 5. Структурно-технологічна схема АСУТП для ферм з доїнням корів у стійловий молокопровід.

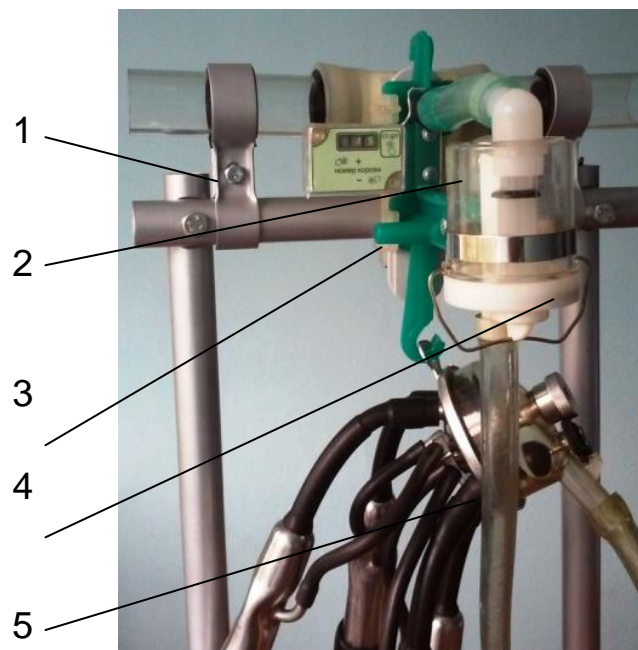


Рис. 6. Загальний вигляд автономного модуля у складі доїльного апарата: 1 – фрагмент молоко провідної лінії з краном; 2 – проточний датчик ємкісного типу; 3 – автономний модуль з цифровим індикатором; 4 – дозуючий пристрій; 5 – підвісна частина доїльного апарата.

Система безконтактна та безпроводна, може бути інтегрована у існуючі автоматичні системи управління технологічним процесом ферм з виробництва молока. Автономний модуль доїльного апарата забезпечує автоматичне накопичення інформації про щозмінний індивідуальний надій групи корів. Стационарний модуль поста промивання забезпечує безконтактну підзарядку акумуляторів автономного модуля, автоматичне зчитування інформації та її передачу до загальної бази даних.

Багаторічний досвід використання доїльного обладнання як вітчизняного виробництва так і провідних світових виробників свідчить, що не зважаючи на досить високий рівень техніки має місце значне подразнення діжок корів підчас машинного доїння (що призводить до захворювань вимені) та втрати молочного жиру підчас промивання молокопровідних комунікацій особливо при доїнні у стійловий молокопровід з використанням попарних пульсаторів.

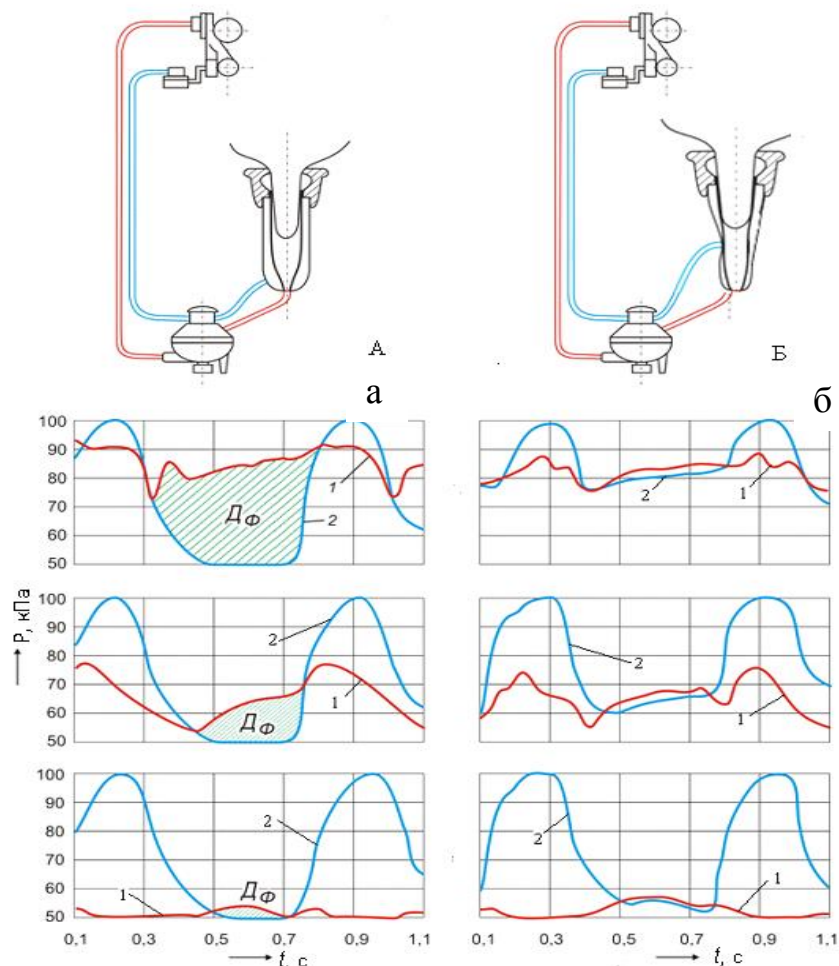


Рис. 7. Режимна характеристика виконавчого механізму – стакана при інтенсивності виведення молока $2,5 \text{ дм}^3/\text{хв}$: а – серійний апарат АДУ-1; б – дослідний апарат ДА-Ф-70; 1 – тиск у піддійковому просторі; 2 – тиск в міжстінному просторі.

В ННЦ «ІМЕСГ» розроблено фізіологічно безпечні доїльні апарати (рис. 7), які забезпечують стимулюючий режим доїння корів, а процес доїння не потребує машинного додоювання, рівень захворювань на мастит зменшується в 2,5-4 рази, продуктивність корів зростає на 5-9%, жирність молока підвищується на 0,05-0,15%, а повнота видоювання складає 98,0-99,4.

Проведені в ННЦ «ІМЕСГ» дослідження свідчать про позитивні результати щодо впливу розроблених апаратів на середньодобовий надій (рис. 8). Дослідження були проведені на базі дослідного господарства ДПДГ «Оленівське» у складі серійної доїльної установки з стійловим молокопроводом.

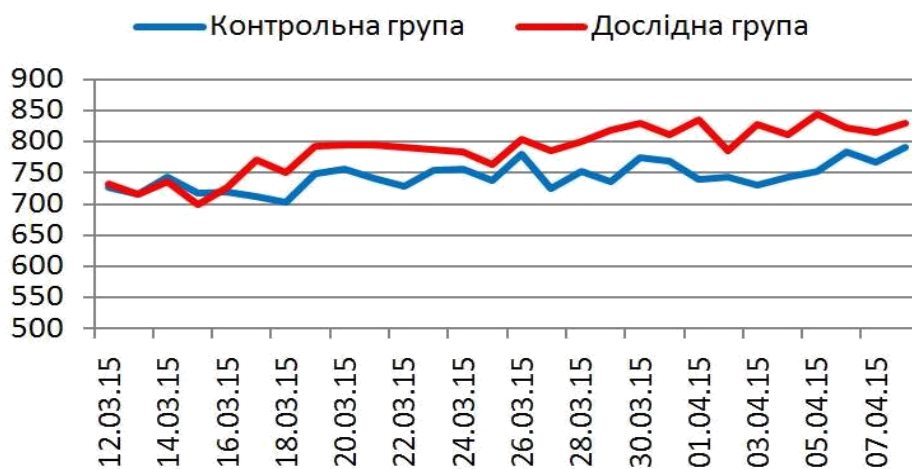


Рис. 8. Середній добовий надій дослідної та контрольної груп корів.

Висновки

Для успішного розвитку галузі молочного тваринництва України доцільно у найближчій перспективі, орієнтуючись на результати попередніх досліджень та існуючі вітчизняні технічні рішення, впровадити пілотні проекти щодо будівництва індустріальних комплексів з виробництва молока в кількох базових господарствах, з метою їх всебічної виробничої перевірки, що забезпечить розробку комплексу машин та проектів ферм для масового впровадження.

Створення нового покоління доїльної техніки потрібно вести з використанням принципів проектування фізіологічно безпечної елементної бази та за умов широкого впровадження засобів автоматизації з метою створення адаптивної доїльної апаратури. При цьому актуальним є створення єдиної адаптивної автоматичної системи управління технологічним процесом доїння, менеджменту стада та управління технологічними процесами ферми в цілому.

Проведення широких порівняльних випробувань прискорить налагодження серійного виробництва вітчизняної техніки, що збіль-

шити темпи розвитку індустріального виробництва в молочному тваринництві.

Обобщены результаты исследований относительно технико-технологического обеспечения и определены тенденции развития отрасли молочного животноводства Украины.

Аппарат доильный, ферма по производству молока, доильный зал, биотехническая система, молочное животноводство.

Given summarized the results of research on technical and technological support and identified development trends of dairy cattle breeding in Ukraine.

Machine milking, farm milk production, milking parlor, biotechnical system, dairy farming.

УДК 631.371:620.92

ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ БАГАТОПРОФІЛЬНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА

***Г.А. Голуб, доктор технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України***

***С.М. Кухарець, кандидат технічних наук
Житомирський національний агроекологічний університет***

Наведена імітаційна модель функціонування агроекосистеми із вирощуванням озимої пшениці, кукурудзи на силос і зерно, озимого ріпаку, ячменю, цукрових буряків та багаторічних трав. Модель передбачає виробництво м'яса свиней, ВРХ, риби та курей, молока, яєць, олії, цукру та меду, вирощування грибів і виробництво компосту. Крім того, пропонується модель передбачає виробництво дизельного біопалива і біоетанолу в кількості необхідній для забезпечення роботи мобільної техніки, а також біогазу для отримання тепла та електроенергії.

Агроекосистема, рослинництво, тваринництво, біопаливо, енергія, модель, ефективність.

Постановка проблеми. На сучасному етапі існування перед людством постало декілька проблем. Серед них: забезпечення на-

© Г.А. Голуб, С.М. Кухарець, 2015

селення продуктами харчування (продовольча проблема), забезпечення технологічних процесів та побуту енергетичними ресурсами (енергетична проблема) та утримання біологічного розмаїття форм життя й збереження навколишнього середовища (екологічна проблема). Комплексне вирішення цих задач потребує подолання протиріччя, яке полягає в тому, що збільшення виробництва продуктів харчування або виробництва та споживання енергії призводить до порушення екологічної рівноваги та погіршення стану навколишнього середовища і навпаки скрупульозне дотримання екологічних вимог призведе, при існуючому рівні приросту населення, до дефіциту продуктів харчування та енергії.

Сучасне сільськогосподарське виробництво частково вирішує продовольчу проблему за рахунок ефективного виробництва продукції рослинництва [1]. Галузь тваринництва, із-за високої собівартості продукції та низьких цін на неї, довгий час перебувало в стані занепаду, особливо це стосується виробництва молока, яловичини та свинини. Виробництво яєць та м'яса птиці упродовж останніх років мало стабільний характер за рахунок значного рівня концентрації та спеціалізації виробництва. Крім того, рівень забезпечення аграрного виробництва, енергією із власної сировини, є низьким. Так, наприклад, тваринницька галузь України, виробляючи значні обсяги органічних відходів, потенційно володіє значними ресурсами для виробництва біогазу [2, 3, 4], в той же час, рівень виробництва біогазу із гною знаходиться на вкрай низькому рівні. Енергетичний потенціал галузі рослинництва, який базується на використанні соломи в якості палива, згідно досліджень [5, 6, 7, 8, 9], досить значний, проте його використання в сучасних умовах не перевищує 3 %.

Підвищення рівня використання доступної в якості енергоресурсів сировини сільськогосподарського походження призведе до зростання рівня енергетичної автономності агроєкосистем, забезпечивши при цьому підвищення рівня ефективності виробництва харчової продукції та покращення стану навколишнього середовища.

Аналіз останніх досліджень. Основною метою конструювання агроєкосистеми є створення стійкої природно-техногенної конструкції [10], що є часткою біосфери Землі і її розвиток не повинен деградувати під впливом техногенних навантажень. Тому необхідно, встановити чітку морфологічну структуру природно-техногенної агроєкосистеми із оцінкою впливу техногенних об'єктів, що дозволить стежити за змінами в агроєкосистемі, прогнозувати її розвиток та керувати її станом [11, 12, 13].

Типова агроєкосистема передбачає вирощування культур у відповідній сівозміні і на цій основі здійснювати виробництво продукції рослинництва, кормів для тваринництва та птахівництва, продукції

тваринництва, а також енергетичних ресурсів. Енергетичною базою агроєкосистеми є виробництво тепла та електроенергії із біогазу, отриманого в результаті зброджування гною, посліду та інших рідких органічних осадів, використання в науково обґрунтованих межах незернової частини урожаю на теплові потреби у вигляді рулонів, тюків, січки або ж гранул, брикетів та генераторного газу, вироблених на основі соломи. Сировинна база для виробництва рідкого палива – дизельного біопалива та біоетанолу також є складовою частиною агроєкосистеми. Диверсифікація напрямків сільськогосподарського виробництва є також серйозною фінансовою передумовою для підтримання родючості ґрунтів сівозміни на основі виробництва компостів з використанням біологічної конверсії органічної сировини [14].

На основі структурної схеми функціонування [15, 16], алгоритмів [17] розподілу органічних ресурсів та моделювання [18] гумусного стану ґрунтового середовища розроблено модель функціонування агроєкосистеми на основі шестипільної сівозміни із виробництвом продукції та енергії, використанням біопалив та відновленням органіки у ґрунті. Комп'ютерна імітаційна модель функціонування агроєкосистеми забезпечує визначення ресурсної бази для виробництва біопалив та подальшого підвищення рівня енергетичної автономності різних видів агроєкосистем.

Однак оцінка техніко-економічної ефективності функціонування агроєкосистем із диверсифікованим (багатопротильним) виробництвом сільськогосподарської продукції та біопалив потребує подальшого уточнення.

Мета досліджень. На основі розробленої комп'ютерної імітаційної моделі функціонування агроєкосистеми із диверсифікованим (багатопротильним) виробництвом сільськогосподарської продукції та біопалив встановити основні показники ефективності функціонування таких систем.

Методика досліджень. Визначення техніко-економічної ефективності функціонування агроєкосистеми із диверсифікованим (багатопротильним) виробництвом сільськогосподарської продукції та біопалив виконувалося на основі імітаційного комп'ютерного моделювання.

Результати досліджень. Імітаційна модель функціонування сільськогосподарського виробництва (рис. 1) включає в себе: сівозміну на 300 га ріллі із вирощуванням основних сільськогосподарських культур, таких як озима пшениця 50 га, кукурудзу на силос 25 га і зерно 25 га, озимий ріпак 50 га, ячмінь 50 га, цукрові буряки 50 га та багаторічні трави 50 га. Модель передбачає виробництво м'яса свиней, ВРХ, риби та курей, молока, яєць, олії, цукру та меду та грибів. Крім того, пропонується модель передбачає виробництво дизельного

біопалива і біоетанолу в кількості необхідній для забезпечення роботи мобільної техніки, а також біогазу для подальшого отримання електроенергії й тепла та спалювання рулонів або січки соломи для отримання тепла та електроенергії.

Аналіз передбачав функціонування трьох варіантів агроєкосистеми: із виробництвом продукції рослинництва й тваринництва та біопалив (варіант 1); із виробництвом продукції рослинництва й тваринництва але без виробництва біопалив (варіант 2); із виробництвом продукції рослинництва але без виробництва продукції тваринництва та біопалив (варіант 3).

Можливості диверсифікованого сільськогосподарського виробництва отриманні на основі розробленої імітаційної моделі функціонування агроєкосистеми із виробництвом біопалива наведенні в табл. 1 і табл. 2.

1. Можливості агроєкосистеми (варіант 1) по виробництву сільськогосподарської продукції.

Урожайність пшениці, ц/га	Вид продукції (виробництво)											
	компост, т	зерно пшениці, т	м'ясо свиней, т	м'ясо ВРХ, т	молоко, т	м'ясо птиці, т	яйця, млн. шт.	м'ясо риби, т	гриби, т	олія, т	мед, т	цукор, т
20	1197	86	13,0	12,7	318	0,7	0,1	9,6	20	0	5	84
25	1481	111	16,2	14,7	397	0,9	0,2	11,9	23	4,3	5	105
30	1764	136	19,5	17,6	476	1,0	0,3	14,3	27	10	5	125
35	2048	161	22,7	20,5	556	1,2	0,4	16,7	30	15,7	5	146

Провівши аналіз параметрів функціонування агроєкосистеми, отриманих в результаті моделювання, побудовано графічні залежності балансу гумусу (рис. 2) в залежності від урожайності базової культури – озимої пшениці.

Аналіз графіка, дозволяє зробити висновок, що найкращі показники щодо балансу гумусу досягаються в агроєкосистемі без виробництва біопалив, проте в агроєкосистемі із виробництвом біопалив при урожайності зернових більше 30 га, також досягається позитивний баланс гумусу, а в агроєкосистемі без тваринництва досягнути позитивного балансу гумусу неможливо.

Стосовно економічної ефективності виробництва, то найбільший прибуток у розрахунку на один гектар досягається в агроєкосистемі із виробництвом біопалива (рис. 3).

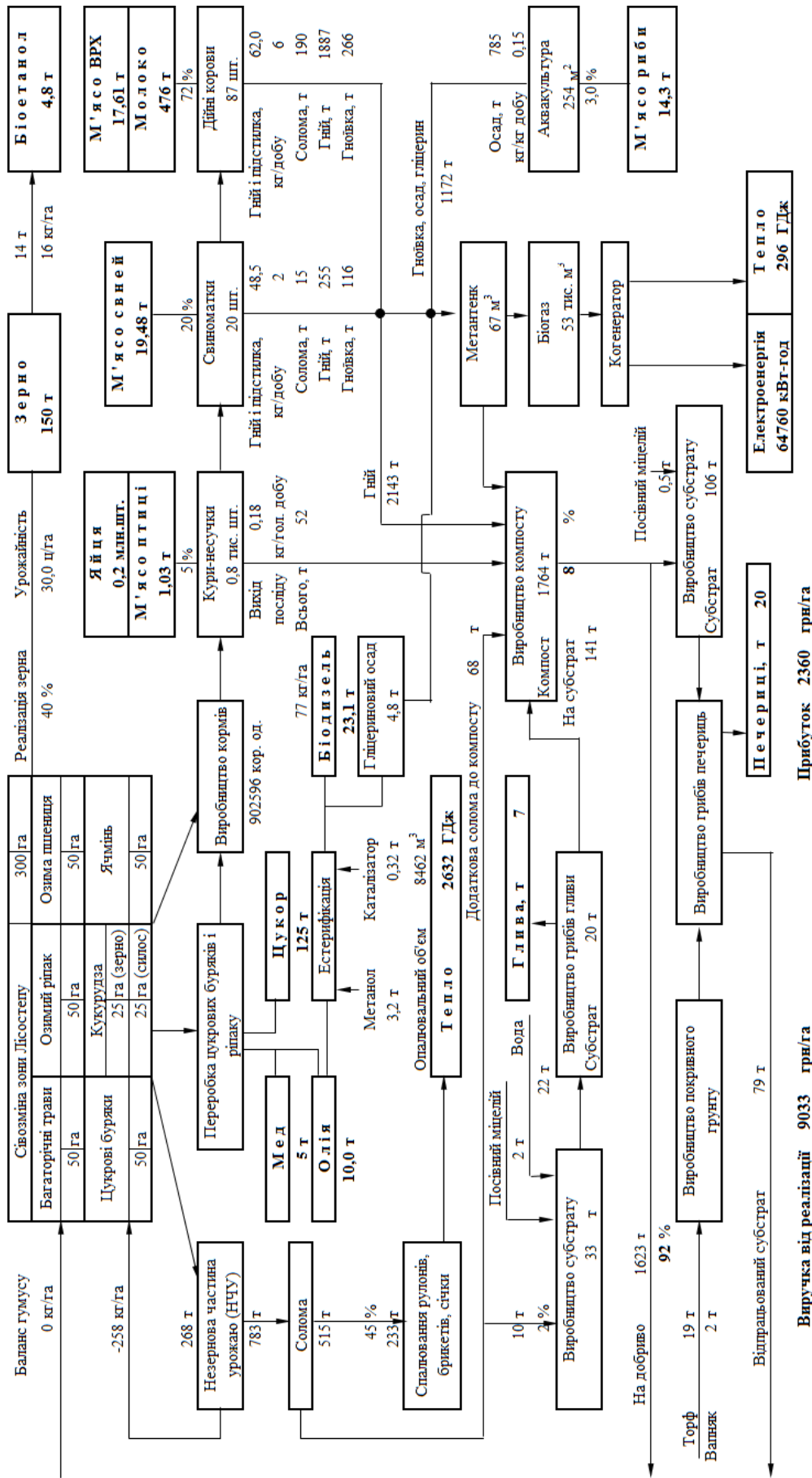


Рис. 1. Схема біологічної та енергетичної конверсії органічної сировини агроекосистеми із виробництвом біопалива.

2. Можливості агроєкосистеми (варіант 1) по виробництву біопалив та її економічні показники.

Урожайність пшениці, ц/га	Електроенергія				Теплова енергія			Рідке біопаливо		Баланс гумусу, кг/га	Виручка від реалізації продукції, грн/га	Прибуток, грн/га
	виробництво, тис. кВт год.	із врахуванням надлишку теплової енергії тис. кВт год.	потреба, тис. кВт год.	рівень забезпечення, %	виробництво, ГДж	потреба, ГДж	рівень забезпечення, %	дизельне біопаливо, т	біоетанол, т			
20	44	83	1600	5	1475	1360	109	21,7	4,8	-305	6236	1548
25	54	248	1988	12	2063	1400	147	23,1	4,8	-152	7645	1972
30	65	413	2386	17	2650	1440	184	23,1	4,8	0	9033	2360
35	75	578	2783	21	3238	1480	219	23,1	4,8	152	10421	2747

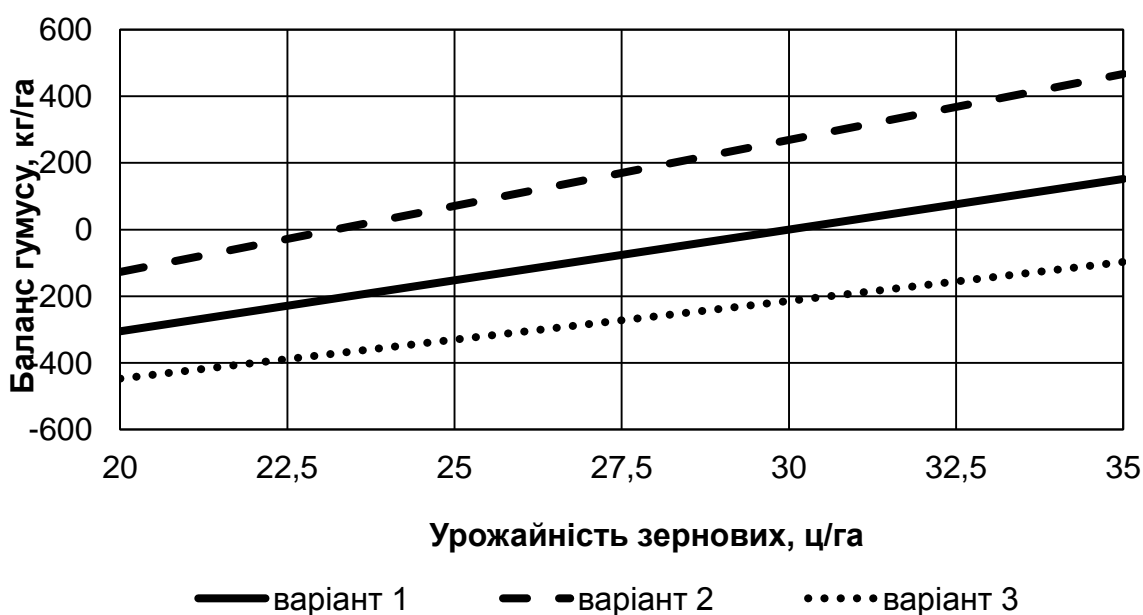


Рис. 2. Залежність балансу гумусу від урожайності пшениці.

Найбільший економічний ефект можливо отримати в збалансованій агроєкосистемі, що поєднує рослинництво, тваринництво і виробництво біопалива, забезпечивши при цьому бездефіцитний баланс гумусу. Так при урожайності озимої пшениці 30 ц/га прибуток для збалансованої агроєкосистеми із виробництвом біопалива становить 2360 грн/га, що вище на 51,6% ніж для агроєкосистеми без виробництва біопалива.

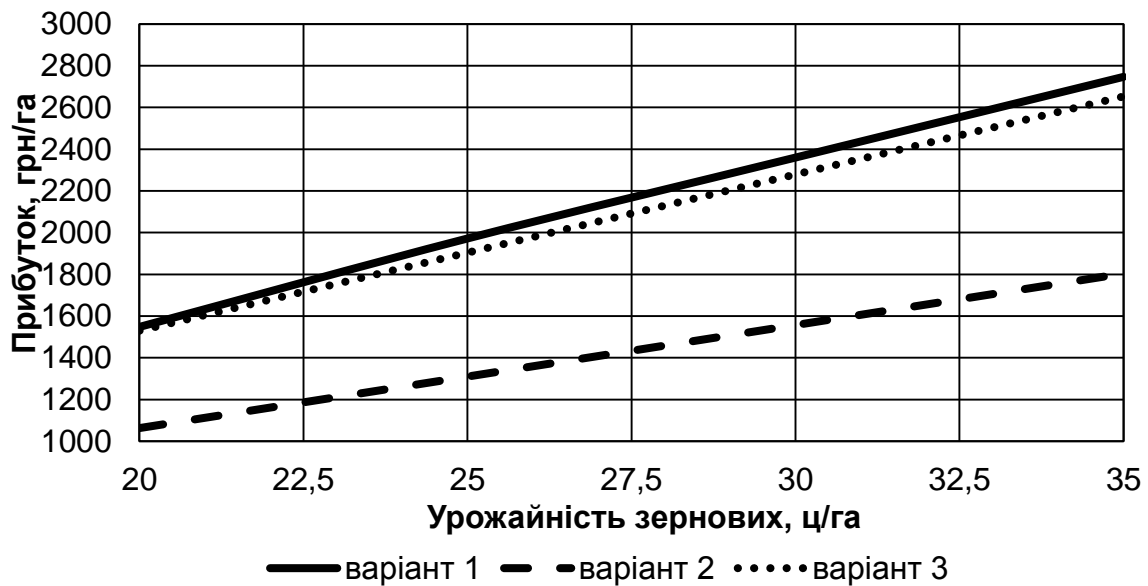


Рис. 3. Залежність прибутку від урожайності пшениці.

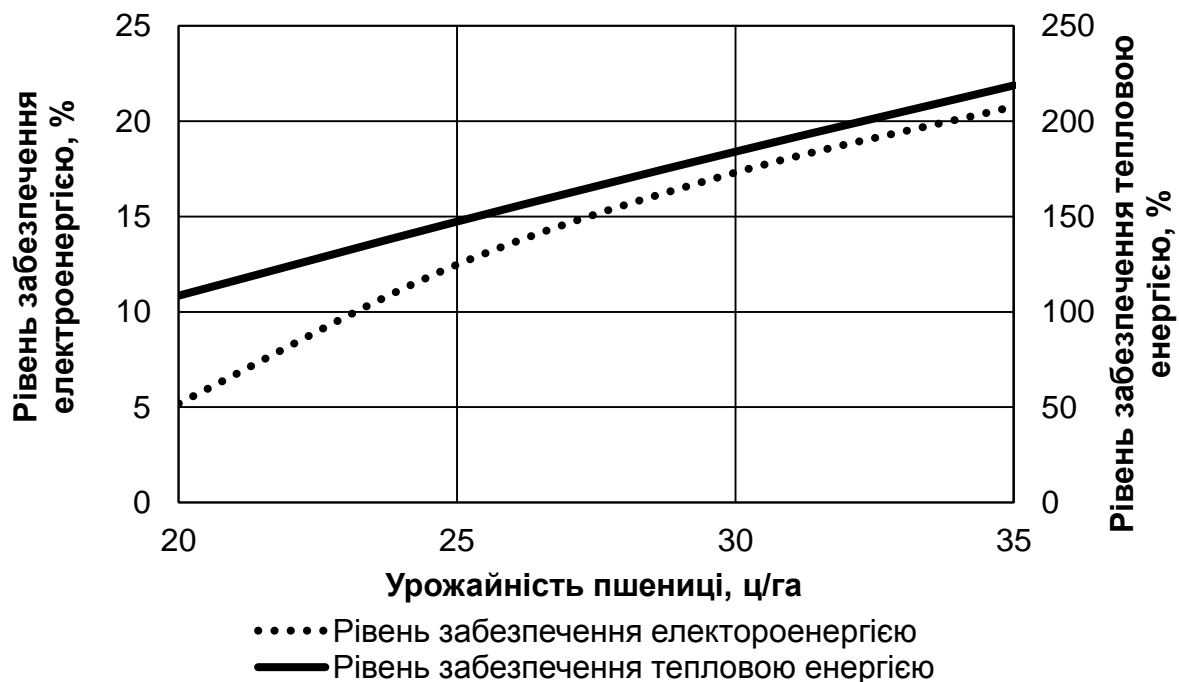


Рис. 4. Рівень забезпечення тепловою та електричною енергією (без конвертації надлишку теплової енергії в електроенергію).

Рівень забезпечення електричною та тепловою енергією можна виразити графічно (рис. 4) та залежностями:

$$PE=27,905\ln(U_{п})-77,951; \quad (1)$$

та

$$TE=196,59\ln(U_{п})-485,68; \quad (2)$$

де: PE , TE – рівень забезпечення електричною та тепловою енергією відповідно, %; $U_{п}$ – урожайність базової культури (озимої пшениці), ц/га.

Із аналізу приведених залежностей можна зробити висновок, що сільськогосподарське виробництво здатне забезпечити власні потреби в тепловій енергії при урожайності зернових 20 ц/га і вище. При більшій урожайності зернових надлишок теплової енергії доцільно конвертувати в електричну енергію, підвищивши при цьому рівень забезпечення електричною енергією.

Структуру фінансових надходжень при функціонуванні агроєкосистеми на основі імітаційної моделі можна представити у вигляді діаграми (рис. 5). Аналіз структури фінансових надходжень від реалізації сільськогосподарської продукції та біопалив вказує на те, що третина всіх фінансових надходжень від функціонування агроєкосистеми можливо забезпечити за рахунок виробництва і використання біопалива.

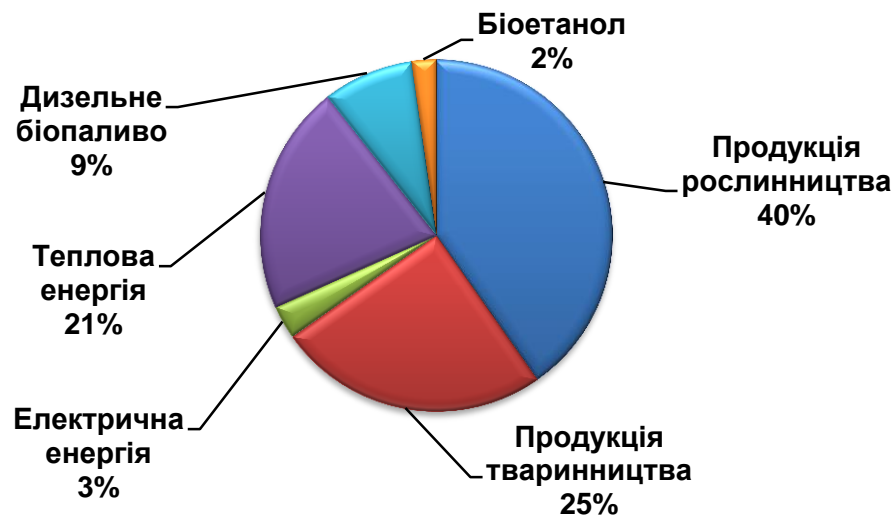


Рис. 5. Структура фінансових надходжень агроєкосистеми від виробництва сільськогосподарської продукції та біопалив.

Висновок. Встановлено, що найбільший економічний ефект від функціонування агроєкосистеми можливо отримати в тому випадку, коли агроєкосистема є збалансованою і поєднує галузі рослинництва, тваринництва й виробництва біопалив, забезпечивши при цьому бездефіцитний баланс гумусу. При урожайності озимої пшениці 30 ц/га прибуток від функціонування такої агроєкосистеми становить 2360 грн/га, що вище на 51,6% ніж при відсутності виробництва біопалив. За рахунок виробництва і використання біопалива в умовах сільськогосподарського виробництва можливо забезпечити до 35% всіх фінансових надходжень.

Список літератури

1. Сільське господарство України. Статистичний збірник за 2013 рік / За ред. Н.С. Власенко; Держ. комітет статистики України. – К., 2014. – 400 с.

2. *Виробництво і використання біогазу в Україні* / [Ю. Кооп, Ж. Хохі, Д. Фултон, Х. Персонн]. – К.: Рада з питань біогазу з.т. / Biogasrat e.v., 2012. – 74 с.
3. *Перспективы производства биогаза в Украине* [Г.Г. Гелетуха, П.П. Кучерук, Ю.Б. Матвеев, Т.В. Ходаковская] *Возобновляемая энергетика*. – №3, 2011. – С. 73–77.
4. *Гелетуха Г.Г.* Перспективи виробництва та використання біогазу в Україні / *Г.Г. Гелетуха, П.П. Кучерук, Ю.Б. Матвеев* // Аналітична записка БАУ №4. – К.: 2013. – 22 с.
5. *Гелетуха Г.Г.* Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні / *Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железна* // Аналітична записка БАУ №7. – К.: 2014. – 33 с.
6. *Екологічні проблеми землеробства* / За ред. *І.Д. Примака*. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 456 с.
7. *Integrated assessment of sustainable cereal straw potential and different straw-based energy applications in Germany* // *Applied Energy*. – V. 114, February 2014. – P. 749–762.
8. *Клюс С.В.* Визначення частки соломи та рослинних відходів для енергетичного використання / *С.В. Клюс* // *Відновлювана енергетика*. – 2013. – №4. – С. 82–85.
9. *Кухарець В.В.* Оцінка енергетичного потенціалу соломи / *В.В. Кухарець* // *Науковий вісник Національного аграрного університету*. – 2008. – Вип. 125. – С. 273–276.
10. *Рудько Г.І.* Конструктивна геоecологія: наукові основи та практичне втілення / *Г.І. Рудько, О.М. Адаменко*; за ред. *Г.І. Рудька*. – К.: Маклаукт, 2008. – 320 с.
11. *Кухарець С.М.* Обґрунтування механіко-технологічних основ конструювання агроecосистем / *С.М. Кухарець, Б.А. Шелудченко* // *Збірник наукових праць. Спеціальний випуск до VIII науково-практичної конференції «Сучасні проблеми збалансованого природокористування»*. – Кам'янець – Подільський: ПДАТУ, 2013 – С. 164–171.
12. *Кухарець С.М.* Механіко-технологічний підхід до конструювання агроecосистеми / *С.М. Кухарець* // *Вісник Житомирського національного агроecологічного університету*. – Житомир: ЖНАЕУ, 2014. – №1. – т.1(39) – С. 187–197.
13. *Шелудченко Б.А.* Вступ до конструювання природно-техногенних геоecосистем / *Б.А. Шелудченко*. – Кам'янець-Подільський: В-во ПДАТУ, 2014. – 170 с.
14. *Голуб Г.А.* Проблеми техніко-технологічного забезпечення енергетичної автономності агроecосистем / *Г.А. Голуб* // *Зб. наук. пр. Вінницького національного аграрного університету. Серія: технічні науки*. – 2011. – Вип. 7. – С. 59–66.
15. *Кухарець С.М.* Обеспечение рационального использования сырья для получения биотоплив в агропромышленном комплексе / *С.М. Кухарець, Г.А. Голуб, С.В. Драгнев* // *Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture*. – Lublin-Rzeszow. – 2013. – Vol. 15. – № 4. – P. 69–76.
16. *Scientific bases of production and use of biofuels in agroecosystems* / [G. Golub, V. Dubrovin, S. Kukharets ets.] // *Міжнародний електронний журнал "Біоресурси планети і якість життя"*. – 2013. – Вип. 4. – Режим доступу: <http://gchera-journal.nubip.edu.ua/index.php/ebql/article/view/146/112>. (Електронний ресурс).
17. *Кухарець С.М.* Алгоритм розподілу органічних ресурсів у агроecосистемах / *С.М. Кухарець* // *Зб. наук. пр. Вінницького національного аграрного університету. Серія: технічні науки*. – 2012. – Вип. 10, т. 1. – С. 61–66.
18. *Голуб Г.А.* Моделювання гумусного стану ґрунтового середовища агроecосистеми / *Г.А. Голуб, С.М. Кухарець* // *Науковий вісник Національного універси-*

тету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 2. – С. 20–27.

Приведена имитационная модель функционирования агроэко-системы с выращиванием озимой пшеницы, кукурузы на силос и зерно, озимого рапса, ячменя, сахарной свеклы и многолетних трав. Модель предусматривает производство мяса свиней, КРС, рыбы и птицы, молока, яиц, растительного масла, сахара и меда, выращивания грибов и производство компоста. Кроме того, предлагаемая модель предполагает производство дизельного биотоплива и биоэтанола в количестве необходимом для обеспечения работы мобильной техники, а также биогаза для получения тепла и электроэнергии.

Агроэкосистема, животноводство, растениеводство, биотопливо, энергия, модель, эффективность.

Simulation model of agricultural production functioning with grown winter wheat, corn silage and grain, winter canola, barley, sugar beets and grasses is shown. The model involves the production of meat of pigs and cows, fish, milk, eggs, oil, sugar and honey, mushroom cultivation and production of compost. The proposed model involves the production of biodiesel and bioethanol in amount necessary to ensure that mobile equipment and biogas for heat and power.

Agroecosystem, livestock, crop production, biofuels, energy, model, efficiency.

УДК 631.363.636.085

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ І ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОГО ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТВАРИННИЦТВА

В.В. Шацький, доктор технічних наук

Д.О. Мілько, кандидат технічних наук

Таврійський державний агротехнологічний університет

Представлені математичні моделі конкурентоспроможності і закономірності динамічного розвитку функціонально-якісного наповнення техніко-технологічного забезпечення тваринництва.

Конкурентоспроможність, тваринництво, виробництво, технологія, техніка, функціональне-якісне наповнення.

© В.В. Шацький, Д.О. Мілько, 2015

Постановка проблеми. Перспективи інтегрованості сільсько-господарського виробництва країни в світову економіку ставлять завдання перетворення тваринництва в конкурентоздатну галузь. При цьому важливо вибрати оптимальну стратегію і тактику техніко-технологічного інноваційного розвитку галузі шляхом постійного підвищення продуктивності тварин і функціонального якісного наповнення технологій.

Основою технологічного розвитку повинно бути створення якісно нового середовища і умов комфортного життєзабезпечення, продукування і відтворення біологічних об'єктів.

Це потребує збільшення ресурсного забезпечення, що ставить проблеми раціональності використання природних і енергетичних ресурсів, які доцільно вирішувати в умовах компромісів з системою природокористування та конкурентної боротьби на ринку техніко-технологічної продукції. Тому визначення закономірностей розвитку функціонально-якісного наповнення технічного і технологічного потенціалу тваринницьких об'єктів у взаємозв'язку з раціональним ресурсовикористанням і його конкурентоспроможністю є актуальним для вдосконалення галузі.

Аналіз останніх досліджень. В літературі представлені методології обґрунтування якості і конкурентоспроможності продукції [1, 2]. Але їх не можливо в повній мірі використовувати для моделі інноваційного розвитку виробництва та при оцінці перспектив удосконалення техніко-технологічного забезпечення із-за відсутності залежностей їх розвитку в часі. У інформаційному полі знаходиться достатньо багато матеріалу щодо напрямів розвитку механізації тваринництва. Визначені [1] основні групи чинників, що впливають на розвиток тваринництва, де основне місце віддається технічному. Проте чинники постійного розвитку конкурентоздатного техніко-технологічного забезпечення тваринництва, також як і напрями раціонального ресурсовикористання в роботі [1] не присутні. Наголошується необхідність інноваційного шляху розвитку і адаптації машин до потреб біологічних об'єктів [2]. Питання найчастіше розглядається в системі «людина-машина-тварина», але без взаємозалежності з розвитком біологічних і інших матеріальних ресурсів виробництва. Конкурентоспроможність устаткування обґрунтовується, як правило, на порівняльній оцінці параметрів продукції (товару) без урахування його розвитку [3].

Серед найважливіших стратегічних проблем реформування тваринництва є визначення перспективних напрямів раціонального ресурсовикористання і керування якістю вироблюваної продукції на всіх етапах її життєвого циклу. Останнє зумовлює керування якістю самих біологічних об'єктів їх взаємодії, як між собою, так і з середо-

вищем існування, що є основою створення конкурентоздатних тваринницької і техніко-технологічної продукції [4].

Відсутність методології оптимізації параметрів технологічного обладнання для тваринницьких об'єктів, стало основою визначення мети досліджень як створення науково-методологічних засад обґрунтування параметрів якісного техніко-технологічного забезпечення виробництва молока на основі аналізу енергетичної оцінки затрат виробничих елементів конкурентоспроможного виробництва у взаємозв'язку з рівнем розвитку біосистеми підприємств і забезпечення конкурентоспроможності техніки і технологій для вітчизняного тваринництва.

Мета досліджень. Алгоритм оптимізації розробляється в системі «корма – тварина – продукція – гній – органічні добрива – ґрунт». Визначення параметрів ефективної взаємодії всіх елементів системи є основою визначення параметрів її складових для створення сприятливих умов роботи людини, утримання тварин і розвитку рослин на певному етапі розвитку.

Результати досліджень. Розвиток галузі з урахуванням досвіду передових європейських країн проходить протягом 7–10 років, де необхідно вирішувати питання, ресурсного раціонального забезпечення (споживання) галузі, що динамічно розвивається.

Концептуальним положенням проведення і критерієм оптимізації являються ефективність забезпечення максимальної реалізації природних функції і генетичного потенціалу біологічних об'єктів (людини, тварини, рослин і ін.) у взаємодії з функціями техніко-технологічного забезпечення виробництва в рамках біотехнічних систем. Параметри обладнання визначаються в умовах їх взаємозалежного гармонійного розвитку спільно з параметрами біотехнічної системи, що розвивається.

Дієвим методологічним принципом, що дозволяє чіткіше охарактеризувати склад елементів виробництва і виявити їх взаємозв'язки, є по елементна структуризація суб'єктів конкурентної боротьби, а також чинників і характеристик конкурентоспроможності. Потенціал і затрати виробництва представляється структурно матрицею його елементів [1], де окрім праці, знаряддя і предметів праці представлені представлені тварини та екологічний фактор [4]. Строки матриці відображають потенціал елементів виробництва, стовбці – затрати на їх відновлення.

Конкурентоспроможність техніко-технологічного $K_{ТСП}$ забезпечення для споживача, яким є тваринницькі підприємства, визначається її якістю V/C і ціною $C_{пр}$, які є основними факторами досягнення конкурентоспроможності, затратами C на використання, співвідношенням уречевленої енергії $k_{турт}$ та затратами прямої праці $k_{тж}$ на одиницю продукції, комфортом утримання і відтворення та можливі-

стю використання етології тварин ($\eta_{ET} = \vec{E}_{Gi} E_{Gij}^{-1}$), а також співвідношенням k_E затрат на забезпечення екології (\vec{E}_{Ei}) та витрат \vec{E}_{Ej} на усунення наслідків порушення екології.

На основі аналізу розвитку тваринництва України визначена залежність між затратами уречевленої енергії $k_{Tурт}$ техніко-технологічного забезпечення та затратами прямої живої праці $k_{Тж}$ на одиницю продукції тваринництва в енергетичних одиницях по роках – $k_{Tурт}/k_{Тж} = e^{-AT}$, де A – функція $A=f(k_{ц})$ розвитку техніки, T – час розвитку, $T=7-19$ років.

Коли якість оцінити як позитивний вплив роботи обладнання на продуктивність, тобто $V = E_{в} k_{бпр}$, а C як затрати на використання, обслуговування обладнання, тобто $C = \vec{E}_{Oi} + \vec{E}_{Oj}$, а ефект від технічного сервісу як додатково отримана продукція ΔE_{GW} тоді конкурентоспроможність технічної продукції для споживача, яким є тваринницьке підприємство, можна представити залежністю

$$K_{ТСП} = e^{-AT} \frac{\Delta E_{GW} k_{бпр} \vec{E}_{GO}}{Ц_{Тпр} k_{зн} \vec{E}_{OG}} \eta_{кч} k_E \quad (1)$$

де: ΔE_{GW} – ефект від сервісу нового обладнання; $k_{бпр}$ – рівень безпечності продукції ($k_{бпр} \leq 1$) [2]; $k_{зн}$ – коефіцієнт задоволення попиту на продукцію (рівень насичення ринку); η_{ET} – рівень використання етології тварин $\eta_{ET} = \vec{E}_{Gi} E_{Gij}^{-1}$; k_E – співвідношення затрат на забезпечення екології (\vec{E}_{Ei}) та витрат \vec{E}_{Ej} на усунення наслідків порушення екології; $k_{зн}$ – коефіцієнт заповнення ринку технічної продукції; $\eta_{кч}$ – ефективність якості (рівень ефективності використання) нової продукції; k_E – співвідношення затрат на забезпечення екології (\vec{E}_{Ei}) та витрат \vec{E}_{Ej} на усунення наслідків порушення екології; $k_{зн}$ – коефіцієнт заповнення ринку технічної продукції.

Для підприємства розробника і виробника конкурентоспроможність продукції визначається уречевленою енергією E_o , яка міститься в продукції, затратами $Z_{вр}$ на виготовлення технічної продукції, ціною продажі $Ц_{пр}$ та споживчою корисністю P продукції.

Споживча корисність продукції P [2] є основним показником при визначенні конкурентоспроможності продукції для виробника – $P = F_k M_L$, де P – споживча корисність продукції, що виробляється; F_k – функціонально-якісне наповнення продукції; M_L – фізична величина продукції, що виробляється у споживача.

Тоді конкурентоспроможність технічного обладнання для його виробництва може виражатися формулою:

$$K_{TBP} = \frac{\Delta E_{GW} k_{\text{бпр}} F_k M_L N_{\text{пр}} \Pi_{\text{рТ}}}{C \Pi_{\text{пр}} (Z_{\text{вр}} + C_c) k_{\text{зн}}}, \quad (2)$$

де: F_k – функціонально-якісного наповнення технічної продукції; M_L – маса продукції, що виробляється новим обладнанням; $N_{\text{пр}}$ – кількість реалізованої технічної продукції; $\Pi_{\text{рТ}}$ – прибуток виробництва технічної продукції; C – затрати споживача на використання технічної продукції; C_c – затрати сервісу технічної продукції; $Z_{\text{вр}}$ – затрати виробництва технічної продукції.

Враховуючи, що споживча цінність товару встановлюється фактом його придбання і визначається корисністю продукції для споживача, то на момент придбання можна записати рівність конкурентоспроможності для виробництва і споживача [2].

Прирівнявши конкурентоспроможності для споживача і виробника та провівши певні перетворення з урахуванням того, що затрати виробництва тваринницької продукції можна виразити як $C = T_{\text{урпр}} k_{\text{пот}}$, де $T_{\text{урпр}}$ – уречевлена енергія в продукції тваринництва, а $k_{\text{пот}} = (T_{\text{ур пр}} + \Pi_{\text{от}}) / T_{\text{урпр}}$ ($k_{\text{пот}} > 1$), де $\Pi_{\text{от}}$ – втрати виробництва, а також приймаючи до уваги, що $V = E_{\text{в}} k_{\text{бпр}}$, де $E_{\text{в}}$ – корисний ефект використання продукції, визначимо залежність рівня функціонального якісного наповнення продукції з урахуванням вимог виробника і споживача:

$$F_k = e^{-AT} \frac{T_{\text{урпр}} k_{\text{пот}} (Z_{\text{вр}} + C_c) E_{\text{ГО}}}{M_L N_{\text{пр}} \Pi_{\text{рТ}} E_{\text{ОГ}}} \eta_{\text{кч}} k_E \quad (3)$$

де: $k_{\text{пот}}$ – коефіцієнт, що враховує втрати виробництва продукції.

Якісне функціонування підприємства не можливо без якісного кадрового забезпечення виробництва. Тому при визначенні структури підприємства необхідно враховувати фактори, які створюють мотивацію праці для молодих працівників.

Основною цінністю виробництва для робітника, яка виступає чинником задоволення його потреб при прикладанні своєї праці, є показник оплати, умов і безпечності праці (якість і оплата праці), які повинні задовольняти матеріальні і духовні потреби робітників (купівля сучасного житла, медичне обслуговування, виховання дітей та ін.). Таким показником виступає показник корисності структури виробництва для робітників $\eta_{\text{в}}$ (відношення величини виробничих елементів для відтворення робочої сили до всього потенціалу виробництва $E_{\text{в}}/E$ [2]). На трудову мотивацію також впливають перспективи розвитку як якість цілі підприємства (потенціал E , рівень наукоємності і індустріалізації технологій – співвідношення рівнів уречевленої праці техніко-технологічного забезпечення виробництва і живої прямої праці $k_{\text{ТурТ}}/k_{\text{Тж.}}$) та кар'єра робітників [2]. На цій основі запропоновано вираз конкурентоспроможності виробництва для робітника $K_{\text{вр р}}$ [2]:

$$K_{\text{зрр}} = e^{-AT} \frac{E}{\bar{E}_W} \eta_w \eta_{ow} k_{\text{Турр}} k_u k_{\bar{o}}, \quad (4)$$

де: η_w – показник корисності виробництва для робітників; E – потенціал виробництва; η_{ow} – рівень озброєності робітників; k_u – рівень розвитку потенціалу підприємства; $k_{\bar{o}}$ – рівень безпечності виробництва; $k_{\text{Турр}}$ – рівень професійної підготовки робітника; $Z_{\text{рвр}}$ – затрати робітника для виробництва.

Для забезпечення виробництва кадрами необхідно, щоб вони були конкурентоспроможними для виробництва, тобто використання живої праці повинно максимально забезпечувати створення уречевленої праці в продукції (відношення $T_{\text{урпр}}/T_{\text{ж}}$ повинно прагнути до максимальної величини), а рівень професійної підготовки робітника $k_{\text{Турр}}$ повинен відповідати цим вимогам. Тоді конкурентоспроможність робітника для виробництва буде:

$$K_{\text{рзр}} = \frac{T_{\text{урпр}}}{\Pi_i} \eta_{\text{нр}} k_{\text{Турр}} k_u k_{\bar{o}}. \quad (5)$$

На основі співпадання інтересів (конкурентоспроможностей обох сторін) виробництва і робітника визначено вираз уречевленої енергії в продукції тваринницького підприємства $T_{\text{урпр}}$ [2]. Підставив вираз $T_{\text{урпр}}$ в (3) отримаємо залежність рівня функціонального якісного наповнення техніко-технологічного забезпечення з урахуванням конкурентоспроможностей виробника, споживача і робітників

$$F_k \geq e^{-2AT} \frac{E \Pi_i}{M_L \bar{E}_W} \frac{E_{GO}}{E_{OG} \eta_{\text{нрТ}}} \frac{\eta_{ku} \eta_w \eta_{ow}}{\eta_{\text{нрТ}} \eta_{\text{нр}}} k_{\text{ПОТ}} k_{\bar{o}} K_{\text{Ц}} k_E. \quad (6)$$

де: $\eta_{\text{нрТ}}$ – норма прибутку; $\eta_{\text{нр}}$ – потенціал робітника.

На підставі вищевикладеного визначена закономірність функціонального якісного наповнення техніко-технологічного забезпечення виробництва молока за критерієм конкурентоспроможності для виробника технічної продукції, її споживача, виробництва тваринницької продукції для працівника і працівника для цього виробництва (табл. 1), яка має вигляд моделі – $F_{k1} = 0,1548e^{0,3004T}$.

Отримана залежність дозволяє виставити зовнішні вимоги до функціонально-якісного наповнення F_k техніко-технологічного забезпечення. Для тваринницького підприємства важливо, щоб техніко-технологічне оснащення було здатне своєчасно і надійно виконувати технологічні функції (η_1) при задоволенні технологічних вимог (η_2), максимальній корисності (η_3), ефективності використання ресурсів (мін втрат) (η_4), максимальному використанні етології тварин (η_5) і екології виробництва (η_6). В цьому випадку кількісно оцінити концентрацію функціонально-якісного наповнення технологічного процесу

можливо по виразу: $F_{k2} = \prod \eta_i^n$.

1. Функціонально-якісне наповнення техніко-технологічного забезпечення виробництва молока (за критерієм конкурентоспроможності).

Роки	Показники і рівні									Функціонально-якісне наповнення F_{kj}
	індустриалізації, Ктурт/Ктж	продуктивності праці, Π/E	комфорту тварини, E_{GO}/E_o	озброєності праці, E/E_w	потенціала робітника, $\eta_{птр}$	комфортності робітника, η_{ow}	екології, $k_{ек}$	соціального забезпечення, η_w	втрат, $k_{пот}$	
0	1,371	1,473	5,60	1,371	0,33	0,037	0,70	0,093	1,40	0,157
2	1,909	1,896	4,00	1,909	0,47	0,042	0,75	0,112	1,34	0,277
4	2,658	2,528	3,00	2,658	0,70	0,049	0,81	0,134	1,26	0,513
6	3,702	3,467	2,10	3,702	1,00	0,056	0,87	0,162	1,19	0,931
8	5,154	4,494	1,60	5,154	1,43	0,064	0,93	0,197	1,12	1,758
10	7,175	6,067	1,10	7,175	2,00	0,073	0,98	0,238	1,05	3,089

Виражаючи своєчасність і надійність виконання процесу, як відношення використаної частини продукту Π_i^{ak} до всього його об'єму продукції Π_i [1]: $\eta_1 = \Pi_i^{ak} \Pi_i^{-1} \eta_{nad}$, задоволення технологічних вимог, $\eta_2 = \Pi_i^{mp} \Pi_i^{-1}$ корисність – як відношення додатково отриманої продукції від виконання даного технологічного процесу (операції) до витрат на його здійснення, виражених в одному еквіваленті $\eta_3 = \Delta \Pi_{(o)}^r \Delta z_i^{-1}$, втрати при виробництві продукції – як відношення еквівалентного вмісту отриманого продукту Π_i до всіх витрат на матеріали його виробництва, вираженому в тому ж еквіваленті $\eta_4 = (1 - k_{npt})$, рівень використання етології тварин – $\eta_5 = \bar{E}_{Gi} E_{Gij}^{-1}$, і забезпечення екології виробництва – $\eta_6 = \bar{E}_{Ei} E_{Ej}^{-1}$, отримуємо показник функціонально-якісного наповнення технологічних процесів виробництва продукції тваринництва [4].

Для кількісної оцінки функціонально-якісного наповнення технологічних процесів виробництва продукції тваринництва необхідно провести аналіз і визначити залежності зміни складових упродовж 10 років у взаємозв'язку з продуктивністю корів, що змінюється з 3800 до 7000 кг молока в рік.

З шести показників два – ефективності ресурсовикористання η_4 і показник екології η_6 – приймаються у відповідності зовнішніх вимог показників втрат ($\eta_4 = 1/k_{пот}$) і екології ($\eta_6 = k_{ек}$). Ефективність використання ресурсів (0,71...0,95) визначається згідно залежності $\eta_4 = 0,7088e^{0,0291T}$, а екології – $\eta_6 = k_{ек} = 0,7029e^{0,0343T}$. Показники корисності виконання процесів η_3 і етології тварин η_5 обґрунтовуються вихо-

дячи з вимоги підвищення продуктивності тварин. Корисність виконання технологічного процесу або підвищення якості його виконання оцінюється додатково отриманою продукцією, що доводиться на одиницю витрат з виконання цього процесу або підвищення його якості. Питомі витрати на отримання продукції тваринництва знижуються з підвищенням продуктивності тварин, в першу чергу, за рахунок підвищення ефективності використання кормів, чому сприяють підвищення комфорту змісту, у тому числі і за рахунок етології тварин. Це є основою для того, щоб, на першому етапі розвитку, вважати, що показник корисності змінюється в діапазоні 1,0...1,6 згідно залежності $\eta_3 = 1,0017e^{0,0475T}$.

Поведінкові особливості тварин (етологія) в сучасних технологіях виробництва продукції тваринництва використовуються в процесах годування, напування, частково в забезпеченні гігієни. За нашими дослідженнями, відношення витрат на відтворення тварини, без урахування витрат заготівлі кормів, на витрати тварини, без урахування витрат тварини на виробництво продукції для людини, наближається до 0,5. Отже, цей чинник використовується наполовину існуючих можливостей.

Потенціал етології тварин повинен широко використовуватися (до 98%) за рахунок зниження в 5 разів витрат тварини при взаємодії з устаткуванням, рівень яких складає 5,62% від загальних витрат ферми, і збільшення витрат устаткування для тварини для забезпечення участі тваринного в процесах забезпечення мікроклімату тваринницьких приміщень, профілактики і лікування захворювань кінцівок, оптимізації годування при виборі раціону і відтворення. Тому приймаємо, що цей показник змінюється в межах 0,5...0,98 згідно залежності $\eta_5 = 0,5025e^{0,0604T}$.

Якщо експоненціальне рівняння представити у виді $y_T = A_i e^{k_i T}$, де A_i – константа експоненціального рівняння; k_i – змінний показник міри основи; T – показник часу зміни константи; то показник функціонально-якісного наповнення техніко-технологічного забезпечення виробництва молока можна виразити:

$$F_k = (\Pi A)_i e^{T \Sigma k_i} . \quad (7)$$

На основі (7) при заданому F_{k1} (табл. 1) за часом визначаються два основні показники технологічного процесу – своєчасність виконання процесів η_4 і показник задоволення технологічних вимог η_6 .

Представляючи своєчасність виконання процесів як залежний показник від продуктивності виконання того або іншого процесу, а також враховуючи, що продуктивність тварин підвищується майже в два рази, можна припустити, що показник своєчасності виконання процесів змінюється в діапазоні 0,9...2,2 згідно залежності $\eta_1 =$

$=0,868e^{0,0916T}$. За нашими розрахунками технологічні вимоги задовольняються на 72%. Рівень задоволення вимог повинен підвищитися до 98%, і можна припустити, згідно залежності $\eta_2 = 0,7287e^{0,0309T}$.

Синтезуючи наведені вище залежності в табл. 2, набуваємо значень функціонально-якісного наповнення техніко-технологічного забезпечення виробництва молока (за критерієм продуктивності тварин і витрат) в часі, як внутрішня вимога конкурентоспроможності технічного оснащення і технології виробництва продукції.

2. Функціонально-якісне наповнення техніко-технологічного забезпечення виробництва молока (за критерієм продуктивності тварин і витрат).

Ріки	Показники і рівні						Функціонально-якісне наповнення, F_{k2}
	своєчасності, η_1	задоволення вимог, η_2	корисності, η_3	ефективності ресурсо-використання, η_4	етології тварин, η_5	екології виробництва, η_6	
0	0,9	0,72	1	0,71	0,5	0,7	0,162
2	0,98	0,78	1,1	0,75	0,57	0,75	0,274
4	1,2	0,83	1,21	0,79	0,64	0,81	0,516
6	1,4	0,88	1,34	0,84	0,725	0,87	0,941
8	1,7	0,94	1,47	0,89	0,81	0,93	1,673
10	2,2	0,98	1,60	0,95	0,92	0,98	2,962

Отримана залежність функціонально-якісного наповнення $F_{k2}=0,1586e^{0,2937T}$ техніко-технологічного забезпечення виробництва молока, як внутрішня вимога виробництва, дозволяє виставити вимоги до параметрів техніко-технологічного забезпечення виробництва молока.

Запропонована методологія оптимізації структури, параметрів і якості функціонування технологічних процесів виробництва тваринницької продукції може бути використана для вироблення рішень стратегічного управління галуззю.

Висновок. Запропонована методологія оптимізації структури, параметрів і якості функціонування технологічних процесів виробництва тваринницької продукції може бути використана для вироблення рішень стратегічного управління галуззю. В той же час це дає можливість визначати структуру і параметри технологічних процесів, складовими технології виробництва молока. Отримана залежність (12), при визначенні значення F_{k1} за виразом (7), дозволяє виставити вимоги до якості виконання і параметрів технологічних процесів виробництва конкурентоспроможної тваринницької продукції.

Список література

1. *Шацкий В.В.* Моделирование механизированных процессов приготовления кормов / *В.В. Шацкий*. – Запорожье: ПЦ „Х-ПРЕСС”, 1998. – 140 с.
2. *Шацкий В.В.* Методология оптимизации параметров конкурентоспособного технико-технологического обеспечения животноводства / *В.В. Шацкий, А.Г. Скряр, Д.А. Милько* // *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10, т. 5. – С. 119–128.
3. *Методика комплексної оцінки конкурентоспроможності техніки для тваринництва*. КНД 46.16.19-2003 / *В.Ф. Сичкар* / *Мінагрополітики*, 2007. – 22 с.
4. *Шацький В.В.* Теоретико-методологічні засади аналізу функціонально-якісного наповнення технико-технологічного забезпечення свинарства / *В.В. Шацький, С.М. Коломоець* // *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. – Х., 2013. – Вип. 132 «Технічні системи і технології тваринництва». – С. 130–138.

Представлены математические модели конкурентоспособности и закономерности динамического развития функционально-качественного наполнения технико-технологического обеспечения животноводства.

Конкурентоспособность, животноводство, производство, технология, техника, функциональное-качественное наполнение.

Mathematical models of competitiveness and conformity to law of dynamic development of functionally-high-quality filling of technic and technology providing of stock-raising are presented.

Competitiveness, livestock, manufacturing, technology, engineering, functionality, quality content.

УДК 631.363.285

ВИТРАТИ ПОТУЖНОСТІ НА ПРИВОД ГВИНТА ГРАНУЛЯТОРА КОРМІВ

***В.В. Братішко, кандидат технічних наук
Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»***

В статті викладено результати теоретичних досліджень процесу роботи гвинтового гранулятора кормів зі змінними геометричними параметрами гвинта за його довжиною. Отримано математичні вирази, які характеризують витрати потужності

© В.В. Братішко, 2015

на привод гвинта гранулятора кормів в залежності від конструкційно-технологічних параметрів робочих органів гранулятора та властивостей кормової сировини.

Гвинт, гранулювання, корми, потужність, тиск.

Постановка проблеми. Відомо, що одним із шляхів підвищення ефективності застосування гвинтових робочих органів є використання гвинтів зі змінною за їх довжиною геометрією, зокрема перерізом каналу гвинта [1, 2]. Причому, переважна більшість конструкцій гвинтів зі змінними геометричними параметрами являють собою однозахідні гвинти, розміри каналу яких змінюються лінійно в залежності від їх довжини.

Аналіз останніх досліджень. Гвинти такого виконання забезпечують підвищення ефективності технологічного впливу на матеріал робочими органами і використовуються у харчовій та кормовій промисловості [3], зокрема, як робочі органи екструдерів та гвинтових грануляторів кормів. Одним із недостатньо вивчених питань при проектуванні таких робочих органів є питання впливу конструкційно-технологічних параметрів грануляторів та властивостей сировини на витрати потужності на привод гвинта гранулятора.

Мета досліджень полягає у встановленні закономірностей впливу параметрів робочого процесу гвинтового гранулятора кормів на витрати потужності на привод гвинта зі змінними геометричними параметрами.

Результати досліджень. Для побудови математичної моделі робочого процесу гвинтового гранулятора кормів виділимо на робочій поверхні гвинта гранулятора елемент площі dS (рис. 1).

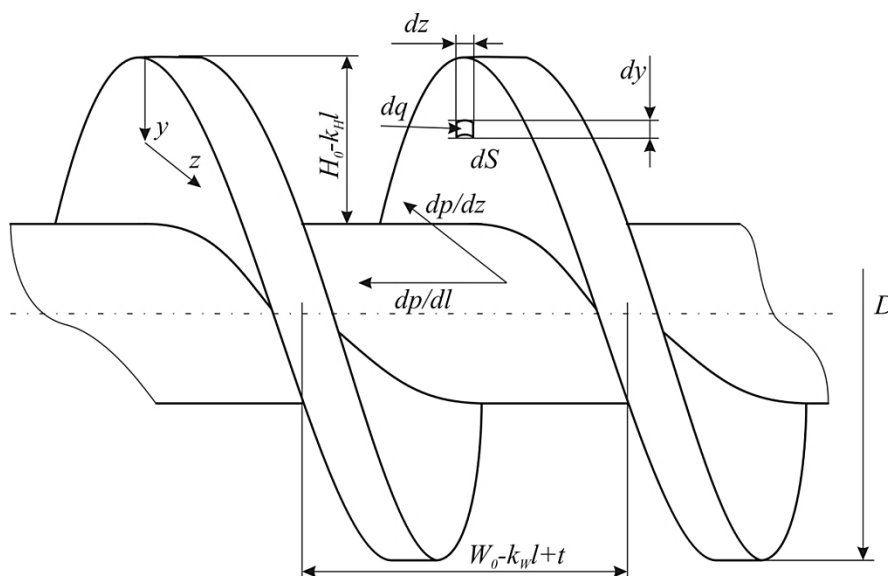


Рис. 1. Схема для побудови математичної моделі робочого процесу гвинтового гранулятора кормів.

Як видно з рис. 1 (p – тиск у каналі гвинта гранулятора, Па; q – бічний тиск, Па; D – зовнішній діаметр гвинта, м; l – довжина гвинта, м; k_H – коефіцієнт зміни глибини каналу гвинта за його довжиною; H_0 – початкове значення висоти каналу гвинта, м; W_0 – початкове значення ширини каналу гвинта, м; k_W – коефіцієнт зміни ширини каналу гвинта за його довжиною; t – ширина витка гвинта, м), елемент площі витка гвинта гранулятора $dzdy$ знаходиться під дією тиску $dq = \mu dp$, де μ – коефіцієнт бічного тиску.

Звідси запишемо в загальному вигляді вираз витрат потужності на привод гвинта:

$$dN = \mu p V_{yz} dzdy, \quad (1)$$

де: V_{yz} – колова швидкість обертання елемента площі витка гвинта гранулятора, як функція координат z та y , м/с:

$$V_{yz} = 2\pi n y, \quad (2)$$

де: n – частота обертання гвинта гранулятора, s^{-1} .

У свою чергу, довжина гвинта l пов'язана із координатою z залежністю:

$$z = \pi l \sqrt{\frac{(D - H_0 - k_H l)^2}{(W_0 - k_W l + t)^2} + \frac{1}{\pi^2}}. \quad (3)$$

Продиференціювавши ліву та праву частини виразу (3) запишемо:

$$dz = \frac{\pi(D - H_0 - k_H l)[k_W(D - H_0) - k_H(W_0 + t)]}{(W_0 - k_W l + t)^3 \sqrt{\frac{(D - H_0 - k_H l)^2}{(W_0 - k_W l + t)^2} + \frac{1}{\pi^2}}} dl. \quad (4)$$

Функція тиску, як складова залежності (1), за твердженням авторів [4, 5], які наводять характер зміни тиску при пресуванні маси шнековими пресами, може бути апроксимована залежністю вигляду:

$$p = p_0 e^{A_p l}, \quad (5)$$

де: p_0 – тиск на початку гвинтового каналу, Па; l – відстань по осі гвинта, м; A_p – деякий постійний коефіцієнт, що описує характер зміни тиску у каналі гвинта гранулятора та його довжиною.

Для наших умов (при $l = 0$ $p = 0$, при $l = l_{max}$ $p = p_m$) вираз (5) може бути записаний у вигляді:

$$p = p_m e^{-A_p \left(\frac{l_{max}}{l} - 1\right)}. \quad (6)$$

Сумісний аналіз залежності (6) та виразу тиску, отриманому нами раніше у роботі [6], дає змогу записати вираз для визначення коефіцієнту A_p :

$$A_p = \frac{k_p \mu a'_0}{\left(1 - \frac{l_{\max}}{l}\right) k_H k_W} \left(e^{\frac{kH_0}{k_H}} (f_b + f_s) k_W \left[Ei\left(kl_{\max} - \frac{kH_0}{k_H} \right) - Ei\left(kl - \frac{kH_0}{k_H} \right) \right] + \right. \\ \left. + 2e^{\frac{kW_0}{k_W}} f_s k_H \left[Ei\left(kl_{\max} - \frac{kW_0}{k_W} \right) - Ei\left(kl - \frac{kW_0}{k_W} \right) \right] \right) \quad (7)$$

де: η – в'язкість кормової сировини, Па·с; f_b, f_s – коефіцієнти тертя кормосуміші, відповідно, по матеріалу робочої камери та гвинта гранулятора; l_{\max} – максимальна довжина гвинта, м; a'_0 – розрахунковий коефіцієнт, $a'_0 = \pi \sqrt{((D - H_0)/(W_0 + t))^2 + 1/\pi^2}$; Ei – інтегральна показникова функція.

Причому, з огляду на характер припущень, прийнятих при встановленні залежності тиску у [6], значення коефіцієнту A_p доцільно визначати за умов $l \rightarrow l_{\max}$. Графік залежності (7) для умов $l \rightarrow l_{\max}$ наведено на рис. 2.

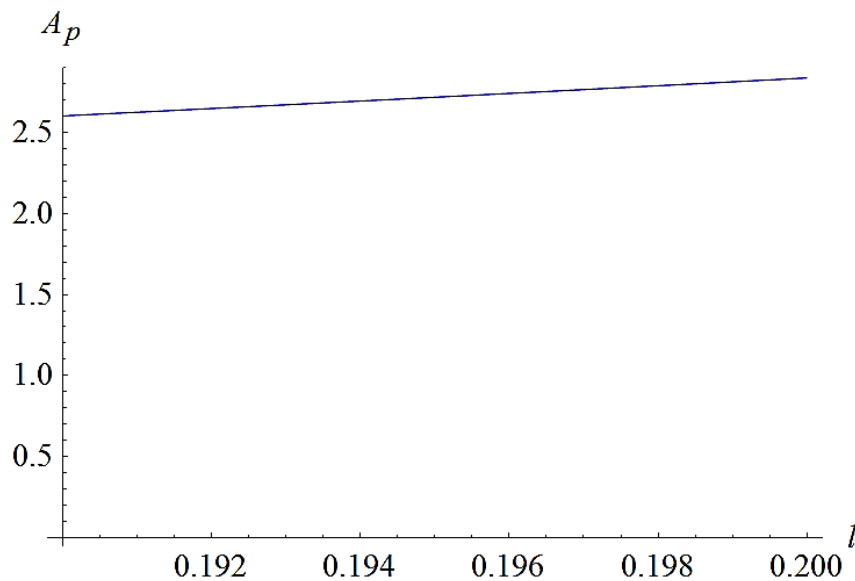


Рис. 2. Вплив параметрів процесу гранулювання на коефіцієнт A_p характеру зміни тиску в каналі гвинта гранулятора за умов: $k_H = 0,038$; $k_W = 0,049$; $H_0 = 0,016$ м; $W_0 = 0,022$ м; $t = 0,005$ м; $D = 0,08$ м; $f_s = f_b = 0,3$; $k = 2,77$; $\mu = 0,3$; $k_p = 0,03$.

Межі інтегрування при розв'язанні залежності (1) становитимуть:

$$l \in [0; l_{\max}] \\ y \in [0; H_0 - k_H l] \quad (8)$$

Отже, з урахуванням (8), запишемо шуканий вираз витрат потужності на привод гвинта:

$$N = 2\pi\mu r_m \times \int_0^{l_{\max}} \int_0^{H_0 - k_H l} e^{-A_p \left(\frac{l_{\max}}{l} - 1 \right)} y \frac{\pi(D - H_0 - k_H l) [k_W(D - H_0) - k_H(W_0 + t)]}{(W_0 - k_W l + t)^3 \sqrt{\frac{(D - H_0 - k_H l)^2}{(W_0 - k_W l + t)^2} + \frac{1}{\pi^2}}} dy dl. \quad (9)$$

Отримана залежність (9) дає можливість встановити витрати потужності, необхідні для приводу гвинтів грануляторів кормів із заданими геометричними параметрами.

Висновок. В результаті проведених теоретичних досліджень було отримано залежність, яка дозволяє встановити витрати потужності на привод гвинта гранулятора кормів зі змінними геометричними параметрами гвинта в залежності від конструкційно-технологічних параметрів робочих органів гранулятора та властивостей кормової сировини.

Список літератури

1. Люлько В.Н. Получение геометрии винтовой части роторов винтовых компрессоров с использованием систем САПР / В.Н. Люлько // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2005. – №1(73). – С. 140–150.
2. Ревяко М.М. Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс / М.М. Ревяко, О.М. Касперович. – Мн.: БГТУ, 2005. – 344 с.
3. *Extrusion-Cooking Techniques: Applications, Theory and Sustainability*: [edited by Leszek Moscicki]. – Weinheim: WILEY-VCH, 2011. – 234 p.
4. Остриков А.Н. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов. – С-Пб.: Гиорд, 2003 – 352 с.
5. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств : учебник / В.И. Соколов. – М.: Машиностроение, 1983. – 447 с.
6. Братішко В.В. Аналіз тиску в каналі гвинта гранулятора кормів зі змінними геометричними параметрами / В.В. Братішко // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ». – 2013. – Вип. 98. – Т. 2. – С. 74–84.

В статтє изложєны результати теоретических исследований процесса работы винтового гранулятора кормов с изменяющимися геометрическими параметрами винта по его длине. Получены математические зависимости, характеризующие затраты мощности на привод винта гранулятора кормов в зависимости от конструкционно-технологических параметров рабочих органов гранулятора и свойств кормового сырья.

Винт, гранулирование, давление, корм, мощность.

The paper presents the results of theoretical studies of pellet feed screw working with varying geometric parameters of the screw along its length. The mathematical dependence that characterize the expenses of power to drive the screw pellet feed, depending on the constructional

and technological parameters of the working bodies of the granulator and properties of feed raw materials, were received.

Feed, pelleting, power, pressure, screw.

УДК 631.363

АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ ТИСКУ І ЗАКОНІВ ВИТІКАННЯ КОРМУ З БУНКЕРА

В.В. Радчук, інженер

Проведено аналіз розподілу тиску матеріалу в бункері та отримані рівняння для визначення закону витікання корму з бункера.

Дозатор, вертикальна вісь, вічковий барабан, витікання, розподіл тиску.

Постановка проблеми. Вихід на максимальну продуктивність тварин не завжди залежить від достатньої кількості заготовлених кормів та їх високої якості. Крім цього необхідно, щоб раціон тварин був достатньо збалансований за цілим рядом показників. Дотримання принципу збалансованості раціону за основними елементами годівлі дозволяє на 10-20 % підвищити технологічну віддачу кормів [1]. Нормування та точне дозування концентратів з урахуванням індивідуальної молочної продуктивності корів сприятливо впливає на їх молочну продуктивність, сприяє загальному зниженню витрат кормів на виробництво одиниці продукції, а також економії комбікормів.

Аналіз останніх досліджень. Огляд конструкцій дозаторів та засобів дозування свідчить про широке застосування в тваринництві об'ємних та вагових засобів для дозованої роздачі комбінованих кормів. Аналіз існуючих дозаторів показує, що дозатори об'ємної дії прості і надійні в роботі, метало і енергоємні. Дозатори, які здійснюють дозування за ваговим принципом конструктивно складні в обслуговуванні. Незалежно від способу дозування і типу дозатора у підсумку контролюється подача за масою, або ж за відхиленням маси дозованого корму від заданої норми в межах допуску встановленого зоотехнічними вимогами. Під впливом робочих органів дозатора корм при вивантаженні сходиться шаром змінного перерізу і з неоднаковою насипною щільністю, із-за чого подача носить імовірнісний характер [2, 3, 4].

© В.В. Радчук, 2015

Метою досліджень є уточнення розподілу тиску та отримання диференційного рівняння для визначення процесу витікання комбікорму з бункера.

Результати досліджень. Форму бункера для пристрою видачі комбікормів [5] виходячи з конструктивних особливостей приймаємо у вигляді сегмента зрізаного конуса. При виборі бункера слід визначити його форму, об'єм та пропускну здатність розвантажувального вікна. Згідно з конструкцією дозатора вивантажувальне вікно бункера приймаємо у вигляді сегмента (рис. 1), що забезпечує збільшення часу завантаження вічок дозуючого барабана для забезпечення їх кращого заповнення. Об'єм бункера повинен вміщувати максимальну кількість корму, необхідну для того, щоб за один цикл задовольняти умову безперервної роздачі по фронту годівлі для одного ряду тварин або бути кратним певній кількості рядів.

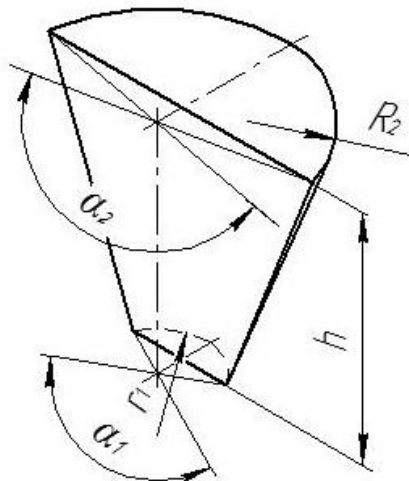


Рис. 1. Конструктивна схема бункеру пристрою видачі комбікормів.

Об'єм бункера можна визначити за виразом:

$$V = \frac{1}{3}h(S_1 + \sqrt{S_1S_2} + S_2), \quad (1)$$

де: h – висота бункера, м; S_1 – площа вивантажувального вікна бункера, м²; S_2 – площа завантажувального вікна бункера, м²; Розміри вивантажувального вікна бункера обумовлені конструкцією дозатора і тому площа S_1 залишиться незмінною. Площі завантажувального S_1 та вивантажувального S_2 вікон становлять:

$$S_1 = \frac{1}{2}r_1^2 \left(\frac{\pi\alpha_1}{180} - \sin \frac{\pi\alpha_1}{180} \right), \quad (2)$$

$$S_2 = \frac{1}{2} R_2^2 \left(\frac{\pi \alpha_2}{180} - \sin \frac{\pi \alpha_2}{180} \right), \quad (3)$$

де: r_1 та R_2 – радіуси сегментів вивантажувального та завантажувального отворів, м; α_1 та α_2 – центральні кути сегментів вікон, град.

З наведених формул видно, що об'єм бункера залежить від його висоти, а також радіуса R_2 та центрального кута α_2 завантажувального отвору. Для визначення процесу витікання комбікорму з бункера необхідно отримати диференційні рівняння даного процесу.

Припустимо що потік комбікорму при переміщенні зверху вниз має змінний переріз [6] відповідно схеми «гідравлічного» витікання (рис. 2). У певний фіксований момент часу $t = const$ з рухомого в бункері потоку комбікорму, що розглядається як суцільне середовище, виділимо двома близькими горизонтальними площинами елемент товщиною dx . На нього діють такі зовнішні сили: $d\bar{G}$ - сила тяжіння, прикладена в центрі мас C виділеного елемента, \bar{P} і $\bar{P} + d\bar{P}$ - вертикальні сили, прикладені до елемента з боку шарів комбікорму, які розташовані вище та нижче; $d\bar{R}$ - реакції стінок бункера, розподілені по площі контакту елемента зі стінками. Оскільки проекція вертикальної стінки на вісь X дорівнює «0», її не розглядаємо.

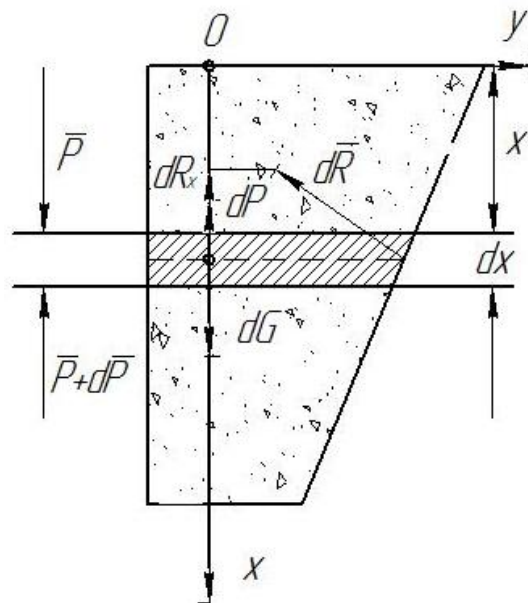


Рис. 2. Схема дії сил на рухомий елементарний об'єм суцільного "сипкого" середовища.

Розглянутий елемент при нескінченно малій товщині має кінцеві розміри в горизонтальних напрямках і може розглядатися як механічна система матеріальних точок.

Диференціальне рівняння руху центру мас системи (елементу) в проекції на вісь Ox (рис. 2) набуде вигляду:

$$dm \cdot a = dG + dR_x - dP, \quad (4)$$

де: dm – маса елемента; $a = a_c$ – проекція прискорення центру мас S елемента на вісь OX (прискорення елемента); dR_x – сума проекцій елементарних реакцій стінок $d\bar{R}$ на вісь OX ; $dP = Q - P$ – приріст вертикального зусилля P , відповідне розглянутого елемента.

Маса і вага елемента отримують значення:

$$dm = \gamma F dx; \quad dG = \gamma g F dx, \quad (5)$$

де: F – площа поперечного перерізу бункера горизонтальною площиною перпендикулярною абсцисі X ; γ – об'ємна щільність сипучого середовища.

Реакція стінок бункера на елемент суцільного середовища невідома. Однак, якщо уявити собі це середовище у вигляді подрібненого зернистого матеріалу (сукупності часток комбікорму), то вже при орієнтовній оцінці сил можна прийти до висновку, що в міру зростання стискаючого зусилля P будуть пропорційно збільшуватися розпірні сили, а отже й реакції стінок бункера та їх проекції на вісь Ox . Тоді:

$$dR_x = -kP dx, \quad (6)$$

де: k – коефіцієнт пропорційності.

Коефіцієнт k характеризує опір просуванню сипучого матеріалу в бункері, одночасно він служить і мірою розпірних властивостей середовища. Розглянутий коефіцієнт є невідомою функцією від форми, розмірів і розташування зерен, коефіцієнтів внутрішнього тертя та по стінках бункера, форми і розмірів поперечного перерізу бункера. При заданих параметрах сипучого матеріалу і бункера він залежить лише від глибини x знаходження перерізу:

$$k = k(x).$$

Коефіцієнт k можна назвати коефіцієнтом опору. Підставимо значення величин (5) і (6) в рівняння (4) і розділимо отриманий вираз на dx . Рівняння набуде вигляду:

$$\frac{\partial P}{\partial x} + kP = \gamma F(g + a). \quad (7)$$

Знак часткової похідної поставлений тут тому, що при виділенні елементарного об'єму (рис. 2) сила $P = P(x, t)$ отримала прирощення $dP = d_x(P)$ лише за рахунок зміни абсциси перетину при фіксованому часі $t = const$.

Силу P в рівнянні (4) можна виразити через вертикальний тиск $\sigma = \frac{P}{F}$:

$$\begin{cases} P = F\sigma = F(x)\sigma(x, t); \\ \frac{\partial P}{\partial x} = \frac{dF}{dx}\sigma + F \frac{\partial \sigma}{\partial x}. \end{cases}$$

Тоді рівняння (4) отримає вигляд:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial x} + \left(k + \frac{F'_x}{F}\right) \sigma = \gamma(g - a), \quad (8)$$

де: $F'_x = \frac{dF}{dx}$.

Практичне використання рівнянь (7) і (8) ускладнене, однак, через те, що прискорення a елемента не виражено через закон витікання – залежність $q = q(t)$ об'ємної витрати від часу. Такий вираз можна отримати, скориставшись відомим співвідношенням між об'ємною витратою q , швидкістю потоку V та площею поперечного перерізу F бункера:

$$q = FV,$$

яке є дійсним для середовища, що не стискається.

Тоді:

$$V = \frac{q}{F} = \frac{q(t)}{F[x(t)]},$$

де $x = x(t)$ – закон руху елемента в бункері; $F[x(t)] = F(t)$ – закон зміни з впливом часу площі поперечного перерізу бункера, яку займає рухомий елемент.

Продиференціювавши швидкість переміщеного елемента за часом, знайдемо його прискорення:

$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{qF - qF'_x \dot{x}}{F^2}.$$

Оскільки $\dot{x} = V = \frac{q}{F}$, тоді:

$$a = \frac{1}{F} \dot{q} - \frac{F'_x}{F^3} q^2, \quad (9)$$

З урахуванням (9) диференціальні рівняння (7) і (8), матимуть вигляд:

$$\frac{\partial P}{\partial x} + kP = \gamma \left(gF - \dot{q} + \frac{F'_x}{F^2} q^2 \right), \quad (10)$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial x} + \left(k + \frac{F'_x}{F}\right) \sigma = \frac{\gamma}{F} \left(gF - \dot{q} + \frac{F'_x}{F^2} q^2 \right). \quad (11)$$

За допомогою рівнянь (10) або (11) можуть бути знайдені закони витікання та закони розподілу вертикальних тисків у бункері.

Висновок. Запропоновані диференціальні рівняння дозволять знайти закони витікання комбікорму з бункера та уточнити розподіл тиску на стінки бункера.

Список літератури

1. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников. – Л.: Колос. – 1978. – 250 с.
2. Кукта Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов / Г.М. Кукта. – М.: Агропромиздат, 1987. – 302 с
3. Мендельбаум А.И. Исследование рабочего процесса дозирования компонентов при приготовлении торфяных удобрений и тукосмесей : Автореферат дис. к.т.н. / А.И. Мендельбаум. – Л., 1966. – 23 с.
4. Омельченко А.А. Механизация раздачи кормов / А.А. Омельченко. – К.: Урожай, 1986. – 239 с.

5. Патент 52819 Україна. Роздавач концентрованих кормів з індивідуальним дозуванням / І.І. Ревенко, В.В. Радчук. – Бюл., 2003. – №4. – 4 с.
6. Зенков Р.Л. Бункерные устройства / Р.Л. Зенков, Г.П. Гриневич, В.С. Исаев. – М.: Машиностроение, 1977. – 223 с.

Проведен анализ распределения давления материала в бункере и получены уравнения для определения закона утечки корма из бункера.

Дозатор, вертикальная ось, вичковий барабан, утечки, распределение давления.

The analysis of pressure distribution of material in hopper and equations for determining the law outflow feed from the hopper.

Weigh, vertical axis, drum leakage, pressure distribution.

УДК 631.316

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЕЛЕТ З БІЛКОВОЇ ФРАКЦІЇ МАКУХИ НАСІННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

***Е.Б. Алієв, кандидат технічних наук
О.М. Пацула, В.Л. Кутіщев, інженери
Інститут олійних культур НААН***

Розроблена методика експериментальних досліджень установки для виготовлення пелет з білкової фракції макухи насіння олійних культур.

Олійні культуру, макуха, пелети, білкова фракція, установка.

Постановка проблеми. Збільшення виробництва і покращення якості білкових кормів як однієї з найважливіших задач в підвищенні продуктивності тварин та птиці може бути здійснено за рахунок удосконалення технології по переробці макухи, яка на сьогодні обмежується подрібненням з наступним введенням в комбікорми.

На сьогодні основним способом переробки макухи є подрібнення з послідовним введенням в комбікорми. Удосконалена в Інституті олійних культур технологія переробки макух за рахунок введення додаткової операції механічного фракціонування подрібненої макухи на білкову і лушпинну фракції дозволяє виділити більш як

© Е.Б. Алієв, О.М. Пацула, В.Л. Кутіщев, 2015

40% білкового порошку з вмістом протеїна не менше 38%. Вміст в білковому порошку 8–12% олії сприяє швидкому його окисленню, що призводить до зниження якості протеїнової добавки. Для збільшення часу проходження процесу окислення запропоновано виготовляти білкову фракцію у вигляді пелет [1–4].

Крім уникнення швидкому окисленню, завдяки процесу пелетування, будуть зменшені об'єми збереження пелет у складських приміщеннях та зменшені затрати на їх транспортування. Тому вирішення питань механізації переробки макухи за рахунок удосконалення технології та устаткування для розділення її на білкову фракцію у вигляді пелет є досить актуальним.

Мета досліджень. Розробити методику експериментальних досліджень установки для виготовлення пелет з білкової фракції макухи насіння олійних культур.

Результати дослідження. Для дослідження технологічного процесу виготовлення пелет з макухи насіння олійних культур розроблено конструктивно-технологічну схему (рис. 1) й створено експериментальну установку (рис. 2) для його реалізації.

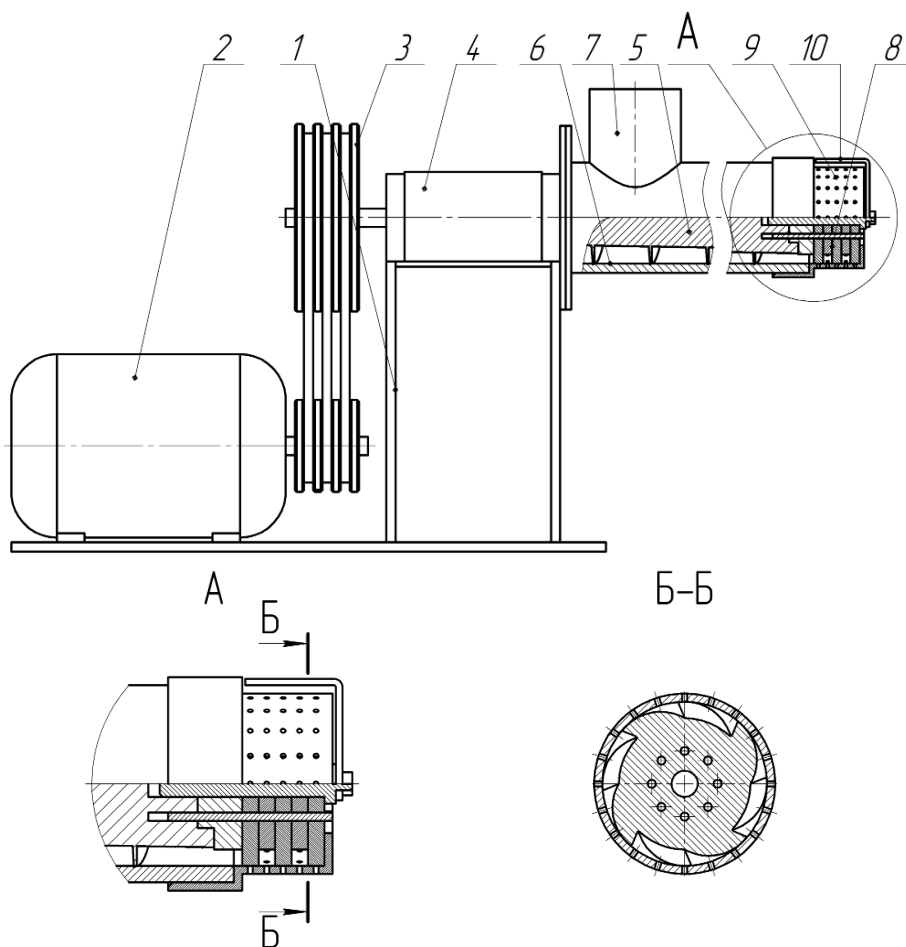


Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема установки для виготовлення пелет (пелетатора).



а



б



в



г

Рис. 2. Експериментальний зразок установки для виготовлення пелет (пелетератора): а – загальний вигляд; б – гвинт; в – формуючий кулачок; г – циліндрична матриця.

Установка (рис. 1) для виготовлення пелет складається з рами 1, електродвигуна 2, шківів 3, підшипникового вузла 4, гвинта 5, циліндричного корпусу 6, завантажувального бункера 7, п'яти формуючих кулачків 8, циліндричної матриці 9, ножа 10. Установка працює таким чином. Вся установка встановлена на рамі 1. Білкова фракція з макухи насіння олійних культур рівномірно подається в завантажувальний бункер 7, з якого потрапляє на гвинт 5. Гвинт 5, виконуючи обертовий рух за допомогою системи електродвигуна 2, шківів 3 та підшипникового вузла 4, переміщує білкову фракцію до формуючих кулачків 8. При цьому відбувається ущільнення білкової фракції за рахунок зменшення висоти витків на гвинту 5. Потрапивши на формуючий кулачок 8, який виконує обертовий рух, білкова фракція ущіль-

льнюється і видавлюється крізь нерухому циліндричну матрицю 9. Далі ніж 10 зрізає ущільнену білкову фракцію. В результаті чого отримуємо циліндричні пелети.

В установці для виготовлення пелет є можливість встановлення необхідної конфігурації розміщення формуючих кулачків 5. До складу установки входить циліндрична матриця 6 із відповідними діаметрами отворів – 3 мм. Установка для виготовлення пелет приєднується через вал привода 1 до мотор-редуктора максимальної потужності – 7,5 кВт, який з'єднується із частотним перетворювачем Danfoss VLT Micro Drive. З використанням частотного перетворювача є можливість змінювати частоту обертання вала привода в діапазоні – 0–100 об/хв.

Задана подача білкової фракції в завантажувальний бункер 4 здійснюється за допомогою регулюючої заслінки. Швидкість подачі білкової фракції можна змінювати в діапазоні – 0-80 кг/год. Перед початком експериментальних досліджень необхідно визначити умови проведення досліджень (Додаток А) та підготувати білкову фракцію насіння олійних культур (соняшник, гірчиця, рижий) масою 10 кг для кожного досліджу.

Для кожної порції білкової фракції насіння олійних культур необхідно визначити вологість за ДСТУ 27548-97 «Корма рослинні. Методи визначення вологи», олійність за ДСТУ 13496.15-97 «Корма, комбікорма, комбікормова сировина. Методи визначення вмісту сирого жиру», вміст білку за ДСТУ 7169: 2010 «Корма, комбікорма, комбікормова сировина. Методи визначення вмісту азоту і сирого протеїну».

Об'ємна маса кожної порції білкової фракції насіння олійних культур визначається за методикою [5], яка передбачає зважування маси білкової фракції, розміщеної в ящику розмірами не менше 10 см × 10 см × 10 см без ущільнення та врівень з його краями, при вільному падінні білкової фракції з висоти 10 см від його верхнього краю. Маса зразка білкової фракції визначається шляхом статичного зважування на електронних вагах АА-200. Перед кожним дослідом на установку для виготовлення пелет встановлюється відповідна конфігурація розташування формуючих кулачків.

Для проведення дослідів включається електродвигун мотор-редуктор і за допомогою частотного перетворювача Danfoss VLT Micro Drive встановлюється необхідна частота обертання вала привода установки для виготовлення пелет.

Білкова фракція масою 10 кг засипається у бункер і за допомогою відкаліброваної регулюючої заслінки встановлюється задана швидкість подачі матеріалу в установку для виготовлення пелет.

В процесі дослідження фіксується значення витрачаємої поту-

жності електродвигуна на частотному перетворювачі Danfoss VLT Micro Drive і час проходження 10 кг матеріалу крізь установку для виготовлення пелет.

Тривалість виробничого циклу заміряються секундоміром. Початком виробничого циклу вважався процес завантаження вихідного матеріалу. Закінчення виробничого циклу – по завершенню процесу накопичення пелет.

В кінці досліду установка вимикається і готується до наступного. Отримані пелети підлягають визначенню геометричних розмірів, маси і насипної об'ємної маси.

Дослідження проводяться для кожної олійної культури – соняшник, гірчиця, рижий.

Дослідження будуть проводитися для двох варіантів конфігурації розташування формуючих кулачків (рисунок 3). Варіант I – формуючі кулачки розташовані послідовно через кут зміщення 45° відносно їх осі. Варіант II – формуючі кулачки розташовані послідовно без зміщення.

Факторами досліджень є частота обертів вала привода, швидкість подачі білкової фракції та її вологість. Інтервали і рівні варіювання факторами наведені в таблиці.

1. Інтервали і рівні варіювання факторів при експериментальних дослідженнях установки для виготовлення пелет.

Позначення факторів		Найменування факторів та одиниця вимірювання	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
Кодове	Натуральне		-1	0	+1	
x_1	q	Швидкість подачі матеріалу, кг/год	25	50	75	25
x_2	n	Частота обертів робочого органу, об/хв	30	60	90	30
x_3	W	Вологість білкової фракції, %	10	20	30	10

Дослідження проводяться за планом трифакторного експерименту 3^3 , при варіюванні факторів використовувалась матриця планування експериментів Бокса-Бенкіна. Досліди проводяться у триразовій повторності.

За критерії досліджень обрано продуктивність виробничого процесу створення пелет Q, об'ємна маса пелет ρ і потужність електродвигуна P, що витрачається на здійснення процесу.

Продуктивність виробничого процесу визначається шляхом розрахунку за формулою

$$Q = m/t, \quad (1)$$

де: m – маса білкової фракції, m = 10 кг; t – тривалість виробничого

циклу, год.

В якості критерію оптимізації факторів досліджень обрано питомі енерговитрати, які визначаються за формулою:

$$E = P/Q, \quad (2)$$

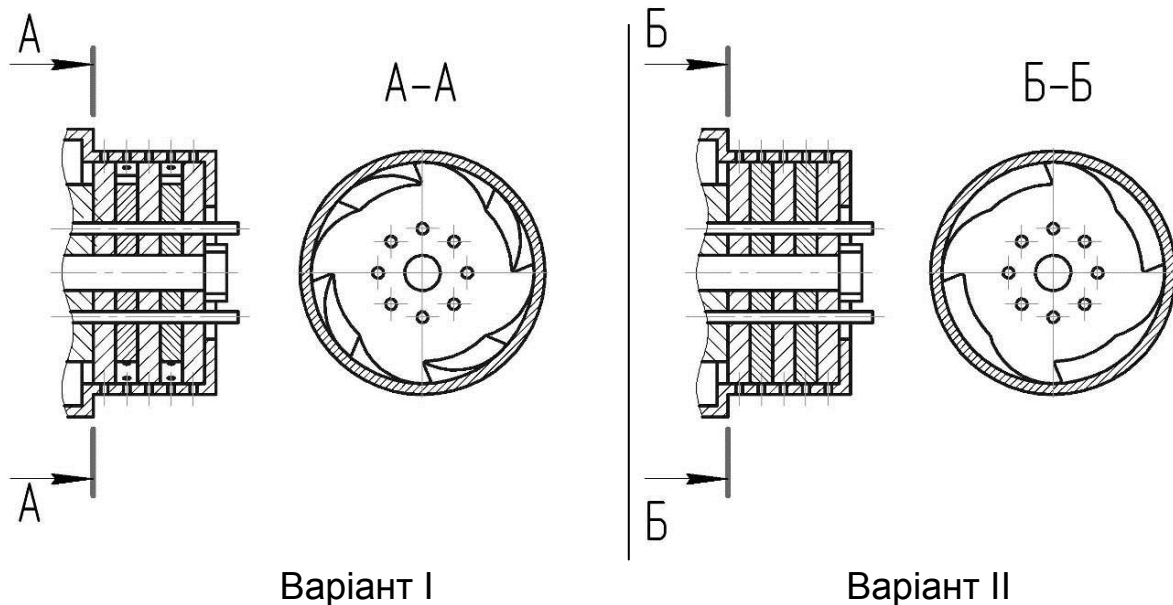


Рис. 3. Варіанти конфігурації розташування формуючих кулачків установки для виготовлення пелет.

Висновок. Розроблена методика експериментальних досліджень установки для виготовлення пелет з білкової фракції макухи насіння олійних культур. За результатами експериментальних досліджень буде побудовано математичну модель залежності продуктивності виробничого процесу виготовлення пелет, потужності необхідної для виготовлення пелет та їх об'ємної маси від швидкості подачі матеріалу, його вологості і частоти обертів вала привода для двох варіантів конфігурації розташування формуючих кулачків та кожної олійної культури – соняшник, гірчиця, рижий.

Список література

1. Гриценко В.Т. Способы получения белкового порошка из семян подсолнечника / В.Т. Гриценко // Научно-технический бюлетень Института олійних культур УААН. – Запоріжжя, 2003. – Вип. 8. – С. 279–283.
2. Гриценко В.Т. Розробка технології переробки насіння олійних культур та їх макух / В.Т. Гриценко, Ю.О. Дурін // Современные вопросы создания и использования сортов и гибридов масличных культур : сб. тезисов Междунар. конф. – Запорожье, 2002. – С. 25.
3. Патент 87579, Україна, МПК С10L 5/40. Спосіб одержання паливних брикетів з олійної сировини / В.Т. Гриценко, А.В. Чехов ; заявник і патентовласник Запорізький Інститут олійних культур УААН. – №200712549; заявл. 12.11.2007; опубл. 27.07.2009, Бюл. №14. – 2 с.

4. Патент 74880, Україна, МКИ А 23 j 1/14/ Спосіб одержання білкового борошна із макухи олійного насіння / В.Т. Гриценко, А.В. Чехов. – №2003109430 ; Заявл. 20.10.2003 ; Опубл 15.11.2005, Бюл. №11. – 2 с.
5. Методики исследований в животноводстве / [Ф.Ф. Эйсер (отв. ред.), А.И. Виноградский, В.К. Гавриш, И.А. Зозуля, В.Я. Максаков, А.Я. Панов, Н.А. Староверов]. – К.: Урожай, 1965. – С. 102–132.

Разработана методика экспериментальных исследований установки для изготовления пеллет из белковой фракции жмыха семян масличных культур.

Масличные культуры, жмых, пеллеты, белковая фракция, установка.

The technique of experimental research installations for production of pellets from the protein fraction oilseed cake.

Oilseeds, cake, pellets, protein fraction, installation.

УДК 631.363

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК КОЕФІЦІЄНТА ЗАПОВНЕННЯ ТА КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ БАРАБАННОГО ЗМІШУВАЧА

**О.М. Ачкевич, інженер
Г.А. Голуб, доктор технічних наук**

Визначено взаємний вплив коефіцієнта заповнення та кутової швидкості камери барабанного змішувача для забезпечення циркуляційного режиму руху компонентів суміші під час змішування.

Змішування, барабанний змішувач, циркуляційний рух, коефіцієнт заповнення, кутова швидкість.

Постановка проблеми. Виробництво якісного комбікорму в умовах господарств вимагає вирішення питання щодо технічного забезпечення змішування кормових добавок. Компоненти кормових добавок, такі як мінеральні та вітамінні бленди, ферменти, амінокислоти та ін. містяться в складі комбікорму в досить малих кількостях, а тому їх рівномірне змішування вимагає досконалих технологічних та конструкційних рішень. Заданий рівень рівномірності змішування в таких випадках забезпечують змішувачі барабанного типу. Із їх загальної номенклатури кращі показники за якістю сумішки мають барабанні змішувачі з циліндричною формою камери, вісь симетрії якої

© О.М. Ачкевич, Г.А. Голуб, 2015

зміщена відносно горизонтальної осі обертання камери на заданий кут [5].

Аналіз останніх досліджень. Процес змішування в барабанному змішувачі складається із ряду елементарних процесів, які відбуваються одночасно [1, 2, 3, 4]. Це переміщення групи суміжних частинок із одного місця в інше впровадженням та ковзанням шарів матеріалу (конвекційне змішування), поступовий перерозподіл частинок різних компонентів через утворювану межу їх розділу (дифузійне змішування) та зосередження частинок, які мають однакову масу у відповідних місцях змішувача під дією гравітаційних та інерційних сил (сегрегація).

Перші два процеси сприяють покращенню рівномірного розподілення кожного компонента в загальній масі сумішки. Третій – сегрегація, навпаки, погіршує рівномірність перерозподілу компонентів. Його вплив в значній мірі нівелюється можливістю повернення часточок важких і дрібних компонентів з нижніх у верхні шари порції корму. Слід зазначити, що в залежності від заповнення камери та від частоти обертання у площині поперечного перерізу барабана можуть мати місце три режими руху матеріалу: рух з обрушенням, циркуляційний рух та закритий режим руху [6].

При першому режимі руху з обрушенням, що відбувається при рівні заповнення камери до 10% її вмісту, сипкий матеріал при обертанні барабана ковзає по його внутрішній поверхні залишаючись в монолітному зв'язаному стані. Оскільки при цьому верхні шари відносно нижніх не зміщуються то взаємопроникнення між окремими сусідніми частинками не відбувається, такий режим не може бути використаний для змішування. При заповненні камери на величину більше ніж 10% в процесі обертання барабана настає циркуляційний режим руху, коли матеріал із верхніх шарів піднятого моноліту відривається від нижніх шарів і обрушується у зворотному напрямку у вільний простір камери, тобто настає взаємне переміщення сипкої маси [7]. Розподіл сипкого матеріалу у просторі зводиться до взаємного переміщення часточок в поперечному перерізі барабана та вздовж осі його обертання. Переміщення в площині поперечного перерізу відбувається в радіальному та кутовому вимірах [8]. Із збільшенням кутової швидкості барабана об'єм матеріалу, що знаходиться в зоні підіймання, зменшується, а висота розташування його центра ваги зростає.

Із збільшенням частоти обертання зростає величина відцентрової сили, при цьому частина матеріалу під її дією утримується на внутрішній поверхні барабана і не відривається у внутрішній простір камери. Колова швидкість зростає до величини, за межами якої настає третій – закритий режим, при якому весь матеріал притискується

ся до поверхні барабана і обертається разом з нею в єдиному потоці. При цьому взаємне переміщення частинок компонентів може мати місце лише за рахунок їх відмінності за питомою масою та геометричними розмірами.

Залежно від розміщення осі симетрії барабана в горизонтальній і вертикальній площинах можна відмітити чотири екстремальні положення барабана і розглянути в них поведінку матеріалу під впливом діючих сил. У крайньому лівому та крайньому правому положеннях, коли обидві осі розташовані в горизонтальній площині, рух матеріалу в камері можна уподібнювати стану перемішування в барабанних змішувачах порційного типу з горизонтальною віссю обертання. У верхньому та нижньому положеннях, коли вісь симетрії проходить через вертикальну площину, поведінка матеріалу подібна до стану розподілу потоків в камері змішувача безперервної дії з нахиленою віссю обертання. Зважаючи на це доцільно розглянути процес перерозподілу часточок матеріалу в критичних положеннях та застосувати при цьому методичні підходи до опису стану руху в барабанних змішувачах порційного типу з горизонтальною віссю обертання та безперервної дії з нахиленою віссю обертання [9, 10, 11].

Величина кута нахилу осі циліндра до горизонту γ під час обертання камери гармонійно змінюється. Коли вісь барабана знаходиться в горизонтальній площині $\gamma=0$, а у вертикальній площині $\gamma=\gamma_{max}=\beta$.

Для запобігання зсуву маси циркуляційного потоку до торцевих стінок циліндра необхідно враховувати кути внутрішнього тертя по вільній поверхні матеріалу та зовнішнього тертя по матеріалу поверхні. Приймаючи до уваги, що кут тертя φ матеріалу по поверхні циліндра під час обертання є величиною постійною і залежною лише від його фізико-механічних властивостей, вказана умова стабільності процесу запишеться як $\beta < \varphi$. Кут зовнішнього тертя, що відображає фрикційні властивості при переміщенні матеріалу по внутрішній поверхні барабана для сумішок знаходиться в інтервалі від 21 до 26 град. Кут внутрішнього тертя, що проявляється при взаємному переміщенні потоків компонентів у камері змішування, дещо вищий і для сумішок знаходиться у межах від 25 до 30 град.

Допустима величина кута нахилу осі камери повинна відповідати величині кута тертя конкретної комбікормової сумішки, або знаходитись у межах, що не перевищує значень всіх можливих коефіцієнтів тертя, якими характеризується номенклатура рецептів сумішок комбікормових добавок, виробництво яких передбачено для даного змішувача. Суттєва різниця значень коефіцієнтів тертя комбікормових сумішок підтверджує необхідність оснащення обладнання для змішування системою регулювання кута нахилу камери відносно осі обертання (рис. 1).

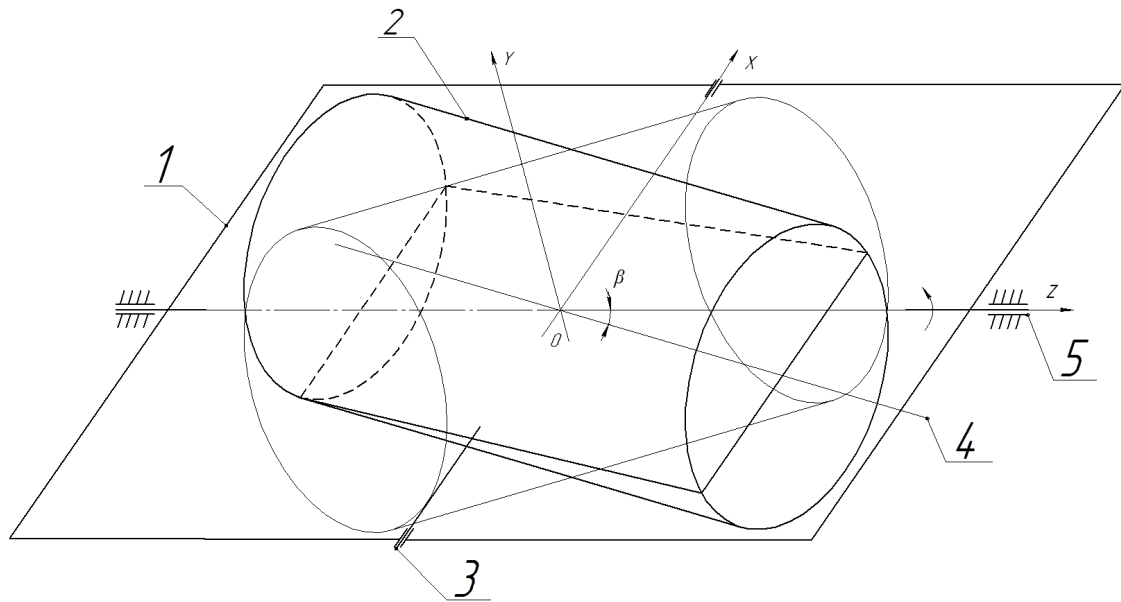


Рис. 1. Схема барабанного змішувача: 1 – обертова рама барабанного змішувача; 2 – барабан; 3 – регулятор кута нахилу барабана; 4 – вісь барабана; 5 – вісь обертання рами барабанного змішувача.

Мета досліджень. Визначити взаємний вплив коефіцієнта заповнення та кутової швидкості камери барабанного змішувача для забезпечення циркуляційного режиму руху компонентів суміші під час змішування.

Результати досліджень. Після підйому матеріалу вздовж дуги *ВА* і досягнення частинкою матеріалу точки *A* (чи наближеної до неї) починається її рух в нижню зону по хорді *AB* (рис. 2), який може бути описаний диференціальним рівнянням руху частинки матеріалу по похилій поверхні [12]. Це рівняння має загальновідоме рішення:

$$x = \frac{gt^2}{2} (\sin \alpha_w - f_B \cos \alpha_w), \quad (1)$$

де: x – пройдений частинкою шлях, м; α_w – кут нахилу матеріалу до горизонту, рад; f_B – коефіцієнт внутрішнього тертя, відн. од.; t – час руху, с.

Враховавши значення шляху, який проходить частинка по хорді *AB* зміщеної на кут нахилу вісі обертання барабана:

$$x = 2R \frac{\sin \delta}{\cos \beta}, \quad (2)$$

де: δ – половина центрального кута, що обмежує заповнений матеріалом сегмент для барабана без нахилу, рад; β – кут нахилу вісі барабана, рад, можна визначити тривалість руху часточки матеріалу до точки *B*:

$$t = \sqrt{\frac{4R \sin \delta}{g \cos \beta (\sin \alpha_w - f_B \cos \alpha_w)}}. \quad (3)$$

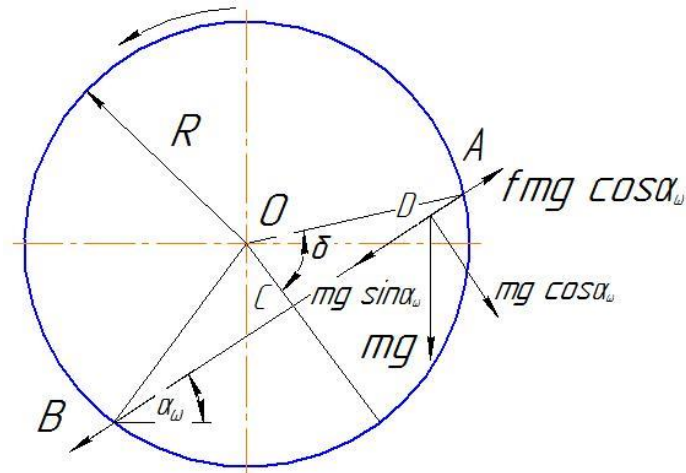


Рис. 2. Схема дії сил на частинку матеріалу сумішки при скочуванні по похилій поверхні.

Для забезпечення циркуляційного руху необхідно, щоб час скочування матеріалу по хорді AB , яка зміщена на кут нахилу вісі обертання барабана наближався до часу підняття часточки по дузі BA за рахунок тертя матеріалу по поверхні барабану. Час підняття матеріалу по дузі BA з урахуванням кутової швидкості барабану та кута δ визначається за загальновідомим виразом:

$$t = \frac{2\delta}{w}. \quad (4)$$

Прирівнявши вираз (3), який визначає час руху частинки по хорді AB зміщеній на кут нахилу вісі обертання барабана та вираз (4), який визначає час підйому матеріалу по дузі BA разом з барабаном, отримуємо:

$$w = \delta \sqrt{\frac{g \cos \beta (\sin \alpha_w - f_B \cos \alpha_w)}{R \sin \delta}}. \quad (5)$$

Формула (5) визначає залежність зміни кутової швидкості барабана при зміні кута δ , що відображає міру заповнення камери змішування. Коефіцієнт заповнення барабана визначаємо як середнє значення (по поперечному перерізу барабана з циклічно похилою віссю обертання) відношення площі сегменту матеріалу до площі перерізу барабана:

$$k = \frac{2\delta - \sin 2\delta}{2\pi}. \quad (6)$$

Знайшовши спільний розв'язок для рівнянь (5) та (6), нами побудовано графіки залежності коефіцієнта заповнення камери змішування від кутової швидкості обертання барабана (рис. 3) при величині кута нахилу осі камери $\beta=20$ град.

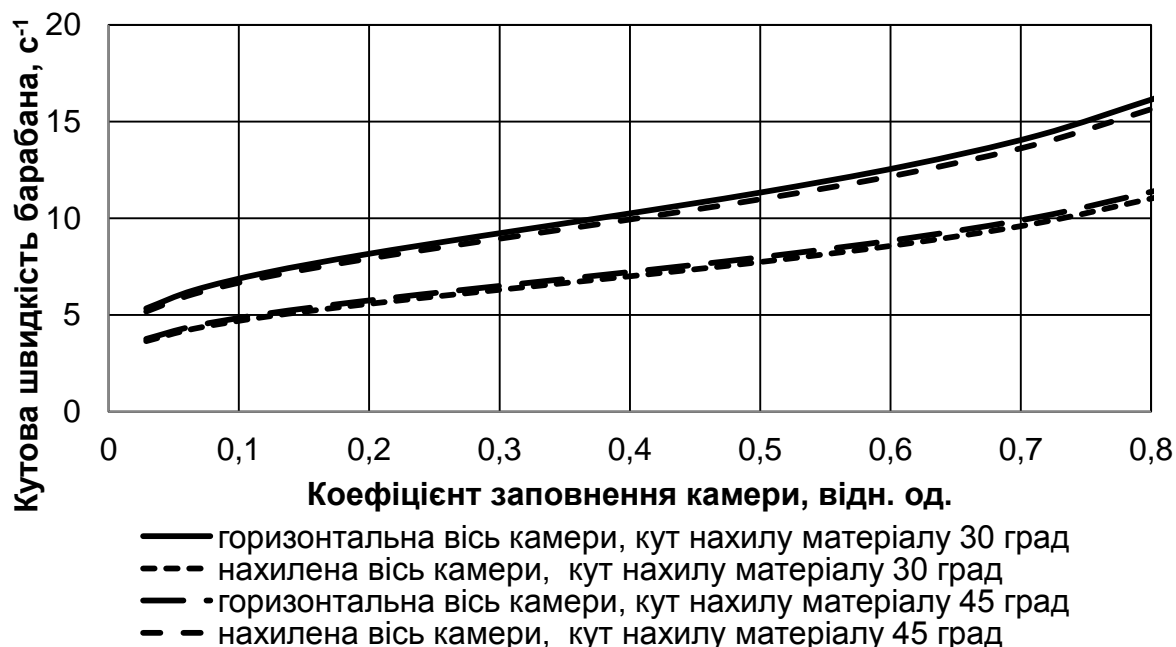


Рис. 3. Залежність коефіцієнта заповнення від кутової швидкості барабана при забезпеченні циркуляційного руху.

Аналіз графічних залежностей свідчить, що для дотримання циркуляційного руху необхідно змінювати кутову швидкість при зміні ступеня заповнення камери. Встановлено також, що вплив кута нахилу осі камери на кутову швидкість змішувача кормових добавок незначний.

Висновок. Отримано залежність, яка визначає залежність між кутовою швидкістю барабана змішувача з нахиленою віссю обертання та коефіцієнтом його заповнення при якому забезпечується циркуляційний рух матеріалу при змішуванні.

Список літератури

1. *Конструирование и расчет машин химических производств* / [Под ред. Э.Э. Кальман-Иванова]. – М.: Машгиз, 1985. – 408 с.
2. *Гусев Ю.И.* Конструирование и расчет машин химических производств : учебник для вузов / [Ю.И. Гусев, И.Н. Карасев, Э.Э. Кольман-Иванов, Ю.И. Макаров, М.П. Макевнин, Н.И. Рассказов ; под. ред. Ю.И. Гусева]. – М.: Машиностроение, 1985. – 406 с.
3. *Першин В.Ф.* Машин барабанного типа: основы теории, расчета и конструирования / В.Ф. Першин. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. – 168 с.
4. *Баранов Д.А.* Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетики, подобия, моделирования, проектирования : В 5 т., т. 1.

- Основы теории процессов химической технологии / [Д.А. Баранов, А.В. Вязьмин, А.А. Гухман и др. ; под. ред. Д.А. Баранова]. – М.: Логос, 2000. – 408 с.
5. Декларацийний патент на корисну модель 3815 Україна. МПК В 01 F 9/00. Змішувач періодичної дії / Пилипенко О.М., Чибис С.М., Коваленко О.М. № u2004032019 ; заявл. 18.03.2004, опубл. 15.12.2004, Бюл. №12. – 3 с.
6. Коротыч В.И. Движение сыпучего материала во вращающемся барабане / В.И. Коротыч // Сталь. – 1962. – №8. – С. 680–686.
7. Першин В.Ф. Расчет распределения сыпучего материала в гладком вращающемся барабане / В.Ф. Першин // Химическое и нефтяное машиностроение. – М.: Наука, 1988. – С. 21–26.
8. Першин В.Ф. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа / В.Ф. Першин, В.Г. Однолько, С.В. Першина. – М.: Машиностроение, 2009. – 220 с.
9. Макевнин М.П. К вопросу исследования динамики потока сыпучего материала на лопасти вращающейся машины барабанного типа / М.П. Макевнин, В.Ф. Першин, М.М. Свиридов // Процессы и оборудование химических производств. – 1975. – Вып. 68. – С. 60–62.
10. Свиридов М.М. Исследование движения сыпучего материала на внутренних устройствах машин с вращающимися барабанами: автореф. дисс. на соиск. научн. степ. канд. техн. наук: спец. 05.04.09. «Химическое машиностроение» / М.М. Свиридов. – М.: 1976. – 14 с.
11. King I.T. Practical Mixing Problem / I.T. King // Industrial Chemist. – 1964. – Vol. 40. – №1. – P. 20–24.
12. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственным поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960 – 283 с.

Определено взаимное влияние коэффициента заполнения и угловой скорости камеры барабанного смесителя для обеспечения циркуляционного режима движения компонентов смеси во время смешивания.

Смешивание, барабанный смеситель, циркуляционное движение, коэффициент заполнения, угловая скорость.

Interference fill factor and angular velocity of rotation of drum mixer chamber to ensure circulation mode motion components of mixture during mixing is defined.

Mixing, drum mixer, circulation motion, fill factor, angular velocity.

СТЕНД ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО РОЗДАВАЧА-ДОЗАТОРА КОМБІКОРМІВ

*В.І. Банга, В.Т. Дмитрів, кандидати технічних наук
Ю.В. Банга, магістр
Львівський національний аграрний університет*

Розроблено автоматизований стенд для експериментальних досліджень робочих органів індивідуального роздавача-дозатора комбікормів, який дозволяє обґрунтувати та оптимізувати конструктивно-технологічні і режимні параметри роздавача-дозатора.

Автоматизований стенд, продуктивність, комбікорм, робочий орган індивідуальний роздавач-дозатор.

Постановка проблеми. Основними вимогами, що ставляться до роздавачів-дозаторів комбікормів, є забезпечення відповідної продуктивності, точності і рівномірності дозування з мінімальними витратами енергії [1, 2]. Вибір оптимальних конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи дослідження, які необхідно проводити на автоматизованих стендах.

Аналіз останніх досліджень. Кафедрою автоматизації тваринництва, якості та стандартизації Львівського національного аграрного університету розроблено автоматизований стенд для дослідження дозувальних робочих органів індивідуального роздавача-дозатора комбікормів які захищені деклараційними патентами України на винахід [3, 4, 5] (рис. 1, рис. 2), де передбачено наявність засобів для вимірювання, реєстрації та передачі інформації електричними сигналами біжучих значень маси потоку в динамічному режимі, відображення і зберігання інформації та контрольно-вимірювальні прилади, а також пристрої для вимірювання потужності процесу дозування та нерівномірності видачі комбікорму, маси комбікорму в бункері індивідуального роздавача-дозатора, зміни напряму руху потоку комбікорму, комплект засобів для живлення роздавача-дозатора.

Метою досліджень є розробка автоматизованого стенду для дослідження робочих органів індивідуального роздавача-дозатора комбікормів.

Результати досліджень. На рис. 1 наведена блок-схема, а на рис. 2 загальний вигляд стенду для дослідження робочих органів індивідуального роздавача-дозатора комбікормів.

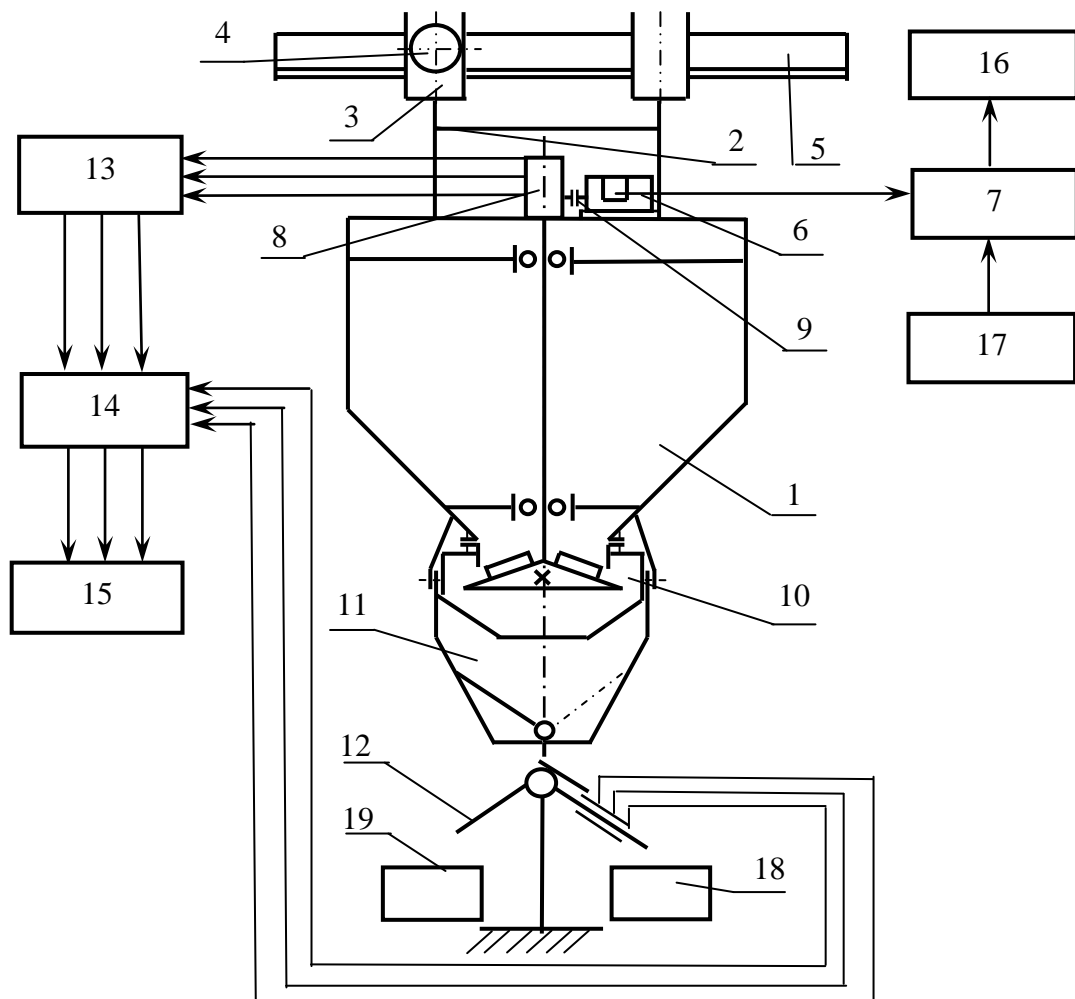


Рис. 1. Блок-схема стану для дослідження робочих органів індивідуального роздавача-дозатора комбікормів: 1 – бункер; 2 – підвісна рама; 3 – каретка; 4 – привід на переміщення роздавача-дозатора; 5 – нерухома балка; 6 – електродвигун на привід дозатора; 7 – вимірювач частоти обертання дозувального робочого органу; 8 – редуктор; 9 – муфта; 10 – захисний кожух; 11 – пристрій зміни напрямку руху потоку; 12 – вимірювач потоку сипучих матеріалів; 13 – вимірювач крутного моменту; 14 – тензопідсилювач 8АНЧ–7М; 15 – ПЕОМ; 16 – електронний частотомір ЧЗ–54; 17 – блоки живлення ВИП–0,09 та ВСА–10А; 18, 19 – збірні місткості для збору необхідних і непотрібних порцій комбікорму.

Роздавач-дозатор комбікормів складається з бункера 1, який закріплений до підвісної рами 2, на якій закріплені каретки 3 з механізмом приводу руху 4, що здійснюють прямолінійний зворотно-поступальний рух по нерухомій балці 5. У верхній частині індивідуального роздавача-дозатора на рамі 2 встановлений електродвигун постійного струму 6 на привід конусно-лопатевого робочого органу, на якому розміщено вимірювач частоти обертання 7 на базі операційного підсилювача типу К140УД701 та редуктор 8. Робочі органи

індивідуального роздавача-дозатора, виконані конусними та конусно-лопатевими. У нижній частині бункера роздавача-дозатора 1 встановлений пристрій зміни напрямку руху потоку комбікорму 11 та вимірювач потоку сипучих матеріалів 12 [6]. Для вимірювання потужності процесу дозування в корпусі редуктора 8 встановлений вимірювач крутного моменту 13 [7]. Для збору маси необхідних і непотрібних порції комбікорму використовували місткості 18, 19.



Рис. 2. Загальний вигляд стенду для дослідження робочих органів індивідуального роздавача-дозатора комбікормів.

Метою калібрування було встановлення залежності вихідної напруги U тензодавачів вимірювача потоку сипучих матеріалів від проходження маси потоку m комбікорму по тензовимірвальній площині. Графіки результатів наведені на рис. 3 [6, 8, 9].

За результатами калібрування вимірювачів потоку сипучих матеріалів одержано рівняння регресії:

$$U = 52,051 \cdot m_k + 0,0588, \quad (1)$$

$$U = 51,958 \cdot m_{кл} + 0,0616. \quad (2)$$

де: U – вихідна напруга тензодавачів вимірювачів потоків сипучих матеріалів, В; m_k , $m_{кл}$ – маса потоків комбікорму, що відповідає продуктивності конусного та конусно-лопатєвого дозувальних робочих органів, кг/с.

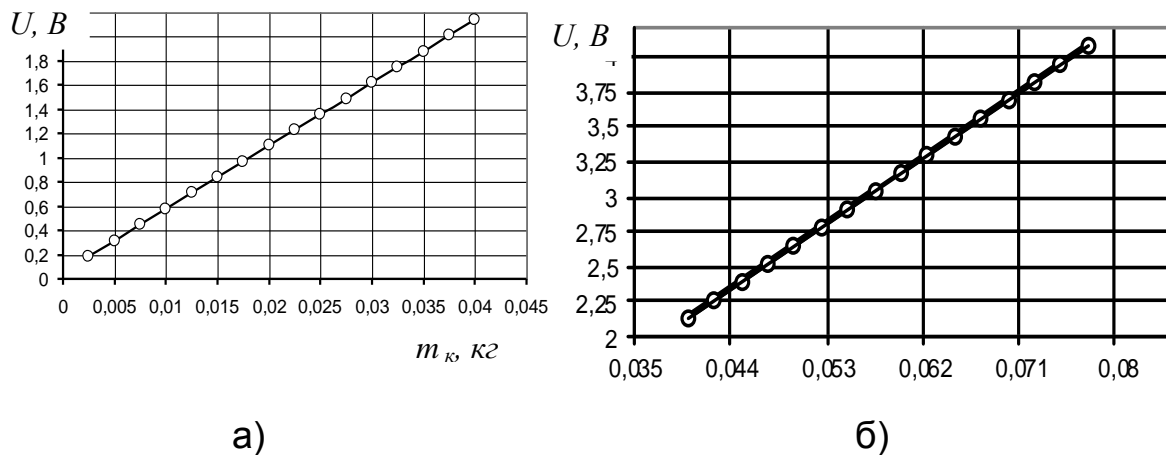


Рис. 3. Калібрувальні графіки зміни вихідної напруги II тензо-
давачів вимірювачів потоку сипучих матеріалів від маси m_k ко-
дження потоку по тензовимірювальній площині (а) від 2,0 до 75,5 г/с і
(б) від 75,0 до 545,5 г/с.

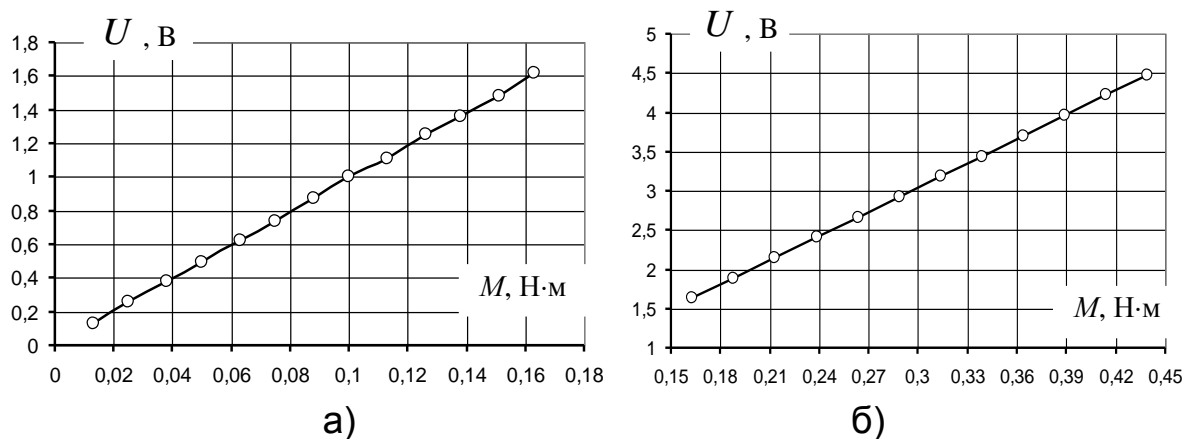


Рис. 4. Калібрувальні графіки зміни вихідної напруги U тензо-
давачів вимірювача крутного моменту від зміни зусилля крутного
моменту M для витрат потужності (а) від $10 \cdot 10^{-3}$ до 1,0 Вт і (б)
від 1,0 до 7,0 Вт.

Метою проведення калібрування вимірювача крутного моменту є встановлення залежності зміни вихідної напруги U тензодавачів вимірювача крутного моменту від зміни зусилля крутного моменту M . Результати калібрування наведені на рис. 4 [7, 10].

За результатами калібрування вимірювача крутного моменту одержано рівняння регресії:

$$U = 9,8464 \cdot M + 0,0043, \quad (3)$$

$$U = 10,297 \cdot M - 0,0502 \quad (4)$$

де: U – вихідна напруга тензодавачів вимірювача крутного моменту, В; M – зміна крутного моменту, Н·м.

Висновки

Реалізація системи вимірювання кількісних параметрів індивідуального роздавача-дозатора комбікормів з використанням тензодавачів і аналогово-цифрового перетворювача забезпечило лінійну зміну вимірювального параметру, що уможливило високу точність калібрування і вимірювання маси потоку матеріалу й крутного моменту на валу дозатора.

Інтервал зміни напруги тензодавачів вимірювача потоку сипучих матеріалів є в межах від 0,2 до 4,5 В при масовому потоку сипучих матеріалів від 2,0 до 545,5 г/с.

Список літератури

1. *Стелук Л.Я.* Механізація дозирования в кормоприготовлении / *Л.Я. Стелук.* – Минск: Ураджай, 1986. – 152 с.
2. *Банга В.І.* Обґрунтування конструкції індивідуального мобільного роздавача-дозатора концентрованих кормів / *В.І. Банга* // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – 1998. – №2. – С. 119–122.
3. *Дмитрів В.Т.* Автоматизований роздавач-дозатор комбікормів стосовно АСУ ТП виробництва молока / *В.Т. Дмитрів, Я.С. Жінчин, В.М. Сиротюк, В.І. Банга* // Матеріали XII Міжнародного (І Українського) симпозиуму по машинному доїнні корів. – Брацлав, 2004. – С. 332–335.
4. *Патент 52059.* Україна, МПК А01К 5/02. Дозатор сипучих кормів / *В.І. Банга, Я.С. Жінчин, В.Т. Дмитрів* і ін. – № 2002010755 ; Заявл. 30.01.2002 ; Опубл. 16.12.2002, Бюл. №12. – 4 с.
5. *Патент 40997.* Україна, МПК А01К 5/02. Дозатор сипучих кормів / *В.М. Сиротюк, В.І. Банга, В.Т. Дмитрів, Я.С. Жінчин.* – № 2000127505 ; Заявл. 26.12.2000 ; Опубл. 15.08.2001, Бюл. №7. – 4 с.
6. *Патент 48479.* Україна, МКИ G01F1/76. Вимірювач маси потоку сипучих матеріалів / *В.І. Банга, В.М. Сиротюк, В.Т. Дмитрів* та ін. – № 2001096131 ; Заявл. 05.09.2001 ; Опубл. 15.08.2002, Бюл. №8. – 4 с.
7. *Патент 70691.* Україна, МКИ G01L5/00, G01L5/24. Вимірювач крутного моменту / *В.І. Банга, В.Т. Дмитрів, Я.С. Жінчин, В.М. Сиротюк.* – № 200312121556 ; Заявл. 23.12.2003 ; Опубл. 15.10.2004, Бюл. №10. – 4 с.
8. *Дмитрів В.Т.* Дослідження вимірювача маси потоку сипучих матеріалів / *В.Т. Дмитрів, Я.С. Жінчин, В.І. Банга* // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – 2004. – №8. – С. 201–209.
9. *Жінчин Я.С.* Дослідження рівномірності подачі дискового дозатора комбікормів / *Я.С. Жінчин, В.І. Банга* // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – 2002. – №6. – С. 141–147.
10. *Дмитрів В.Т.* Особливості конструкції вимірювача крутного моменту / *В.Т. Дмитрів, Я.С. Жінчин, В.І. Банга* // Матеріали Міжнародної наук.-практ. конф. “Агромех-2004”. – Львів, 2004. – С. 162–165.

Разработан автоматизированный стенд для экспериментальных исследований рабочих органов индивидуального раздатчика-дозатора комбикормов, который позволяет обосновать и оптимизировать конструктивно-технологические и режимные параметры раздатчика-дозатора.

Автоматизированный стенд, производительность, комбикорм, рабочий орган индивидуальный раздатчик-дозатор.

The automated stand for experimental studies of individual workers distributor dosing feed, which allows you to justify and optimize constructive and technological parameters and regime distributor-dispenser.

Automated stand, productivity, feed, labor body individual distributor dispenser.

УДК 621.929.7

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОДУКТИВНОСТІ ДОЗАТОРА-ЗМІШУВАЧА КОМПОНЕНТІВ КОМБІКОРМІВ

***Р.В. Городняк, магістр
Львівський національний аграрний університет***

Розглянута схема дозатора-змішувача, який призначений для приготування кормових сипучих сумішей. Приведено особливості конструкції і роботи дозатора-змішувача, наведено результати експериментальних досліджень продуктивності при атмосферному і вакуумметричному тисках в робочому просторі дозатора-змішувача.

Продуктивність, однорідність комбікорму, вакуумметричний тиск, дисковий дозатор-змішувач, рівняння регресії.

Постановка проблеми. Годівля тварин у сучасній галузі тваринництва базується на комбікормах. Приготування комбікормів необхідно проводити для забезпечення збалансованої годівлі тварин як за поживними речовинами, так і за їх загальною кількістю. Для забезпечення кращої однорідності змішування основного компоненту з добавками необхідно забезпечити псевдозрідження основного компоненту комбікорму.

Аналіз останніх досліджень. Однією з основних вимог технології виробництва кормових сипучих сумішей є однорідність розподілу компонентів комбікормів в об'ємі, що уможливить рівномірний розподіл частинок інгредієнтів. Ведуться дослідження щодо процесу змішування сипучих матеріалів за атмосферного тиску [1, 2].

© Р.В. Городняк, 2015

Враховуючи конструкцію дозатора-змішувача, наявність конуса і похилої поверхні, заслуговує уваги теорія руху частинки по поверхні, зокрема детально проаналізована в роботах П.М. Василенка [3, 4], та інших дослідників [5, 6]. При роботі дозуючого механізму є ударна взаємодія сферичних частинок з робочими поверхнями машин, що розглянуто в роботах Морозова І.В. [7] і Рогатинського Р.М. [8]. Зокрема дослідниками Адамчук В.В. і Адамчук О.В. [9–11] розроблено аналітичні залежності на основі схеми сил, що діють на частинку для визначення відносної швидкості її руху вздовж лопатки і обґрунтування основних конструкційно-технологічних параметрів робочого органу. Проведені дослідження руху частинки сипучого ко-рму по поверхні подаючого ротаційного конуса [12–14]. Враховуючи, що тиск в бункері може бути відмінний від атмосферного, по-різному характеризується зрідженість потоку сипучих компонентів [15].

Мета досліджень. Досягнути кращої однорідності змішування компонентів комбікормів при відсмоктуванні повітря із об'єму дозатора-змішувача внаслідок утворення псевдозрідженої маси основного компоненту комбікорму.

Результати досліджень. Нами запропонований дозатор – змішувач компонентів комбікормів який функціонує наступним чином (рис. 1) [16–18].

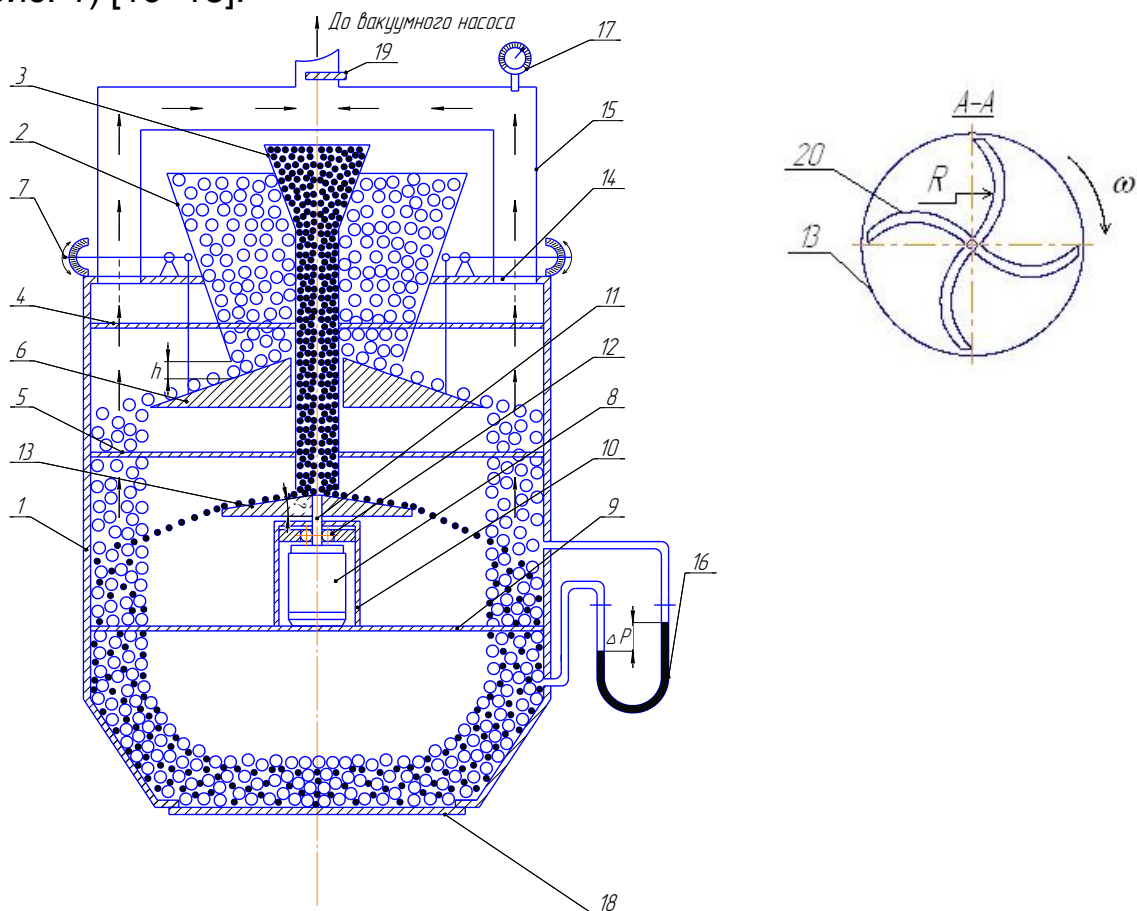


Рис. 1. Дозатор-змішувач компонентів комбікормів.

Технологічний процес дозування і змішування проходить наступним чином. З бункера 2 (рис. 1) основний компонент подається на дозатор 6, за допомогою якого основний компонент рівномірно розповсюджується і направляється у зону змішування. Під дією сили тяжіння основний компонент вертикально осипається вниз. Електричний двигун 8 через привідний вал 11 приводить в обертовий рух дозатор компонента, що вводиться 13. Компонент, що вводиться, подається із бункера 3 на дозатор 13, який надає імпульс руху частинкам компонента, що вводиться, і задає траєкторію входження в основний компонент. Подачу основного компонента змінюють за допомогою зазору h , який регулюється механізмом 7, при цьому кут твірної α є меншим кута природного скосу основного компонента. Подачу компонента, що вводиться, регулюють частотою обертання дозатора 13. Вакуумний насос відсмоктує повітря із об'єму стенда через рукави 15, які під'єднані до отворів 14. При відсмоктуванні повітря із бункера дозатора-змішувача створюється псевдозріджена маса основного компонента величину розрідження регулюють заслінкою 19. Розрідження вимірюють вакуумметром 17, перепад тиску визначають диференціальним манометром 16. Вихід готової кормосуміші із дозатора-змішувача здійснюють відкриттям шлюзового затвору 18.

Для дослідження продуктивності дозатора-змішувача відповідно до методики проведено планований експеримент три факторний на трьох рівнях варіювання. Факторами були кутова частота обертання диска ω в межах від $25,12 \text{ хв}^{-1}$ до $75,36 \text{ хв}^{-1}$, кут твірної дозуючого диска α – від 0 до 20 град. і радіус кривизни лопаток диска R_p – від 0,03 м до 0,07 м. Досліди проводили при атмосферному і вакуумметричному тиску 3 та 6 кПа в бункері дозування і змішування компонентів. Апроксимацію експериментальних даних виконали у вигляді рівняння регресії другого порядку.

Рівняння регресії, яке характеризує залежність продуктивності дозатора-змішувача від кутової частоти ω обертання диска, кута α твірної дозуючого диска і радіуса кривизни R_p лопаток диска в натуральних значеннях при атмосферному тиску має вигляд:

$$Q = -116 + 5,9 \cdot \omega - 2,2 \cdot \alpha + 6247 \cdot R_p + 3,4278 \cdot 10^{-5} \cdot \omega^2 + 0,0488463 \cdot \alpha^2 - 32421 \cdot R_p^2 - 0,064538217 \cdot \omega \cdot \alpha - 60 \cdot \omega \cdot R_p + 4,7 \cdot \alpha \cdot R_p, \quad (1)$$

Графічне представлення рівняння регресії у вигляді тривимірної площини наведено на рис. 2.

Рівняння регресії, що характеризує залежність продуктивності дозатора-змішувача при цих рівнях варіювання факторів та вакуумметричному тиску 3 кПа має вигляд:

$$Q = -118,2 + 6,0091 \cdot \omega - 2,6 \cdot \alpha + 6260 \cdot R_p + 6,8794 \cdot 10^{-5} \cdot \omega^2 + 0,064 \cdot \alpha^2 - 32531 \cdot R_p^2 - 0,0715 \cdot \omega \cdot \alpha - 60 \cdot \omega \cdot R_p + 5,1 \cdot \alpha \cdot R_p \quad (2)$$

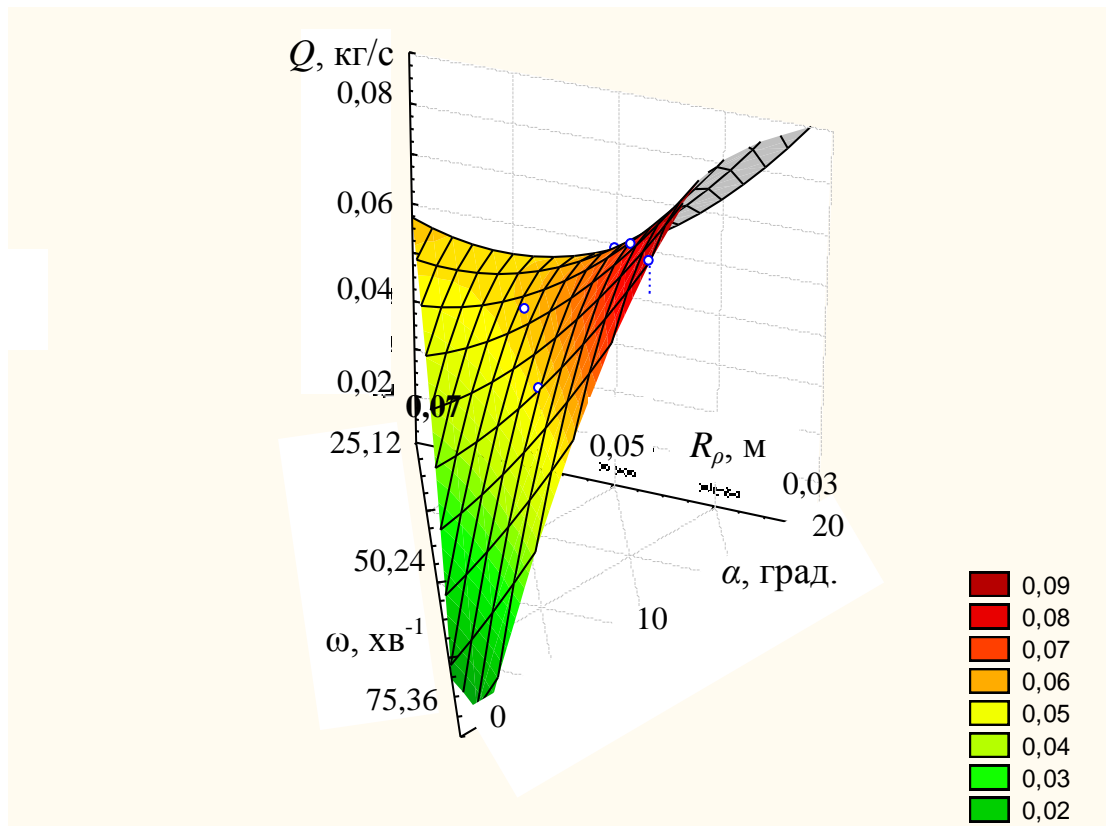


Рис. 2. Залежність продуктивності Q дозатора-змішувача компоненту, що вводиться від кутової частоти ω обертання диска, кута твірної α дозуючого диска і радіуса кривизни R_p лопаток диска при атмосферному тиску.

Графічне представлення рівняння регресії у вигляді тривимірної площини, наведено на рис. 3.

Рівняння регресії продуктивності дозатора-змішувача при вакуумметричному тиску 6 кПа відповідно має вигляд:

$$Q = -91 + 5,3 \cdot \omega - 3,1 \cdot \alpha + 5420 \cdot R_p - 0,0026 \cdot \omega^2 + 0,041 \cdot \alpha^2 - 30000 \cdot R_p^2 - 0,048 \cdot \omega \cdot \alpha - 41,8 \cdot \omega \cdot R_p - 9,65 \cdot \alpha \cdot R_p \quad (3)$$

Графічне представлення рівняння регресії у вигляді тривимірної площини, наведено на рис. 4.

Висновок. Аналіз експериментальних досліджень показує, що при кутовій швидкості $\omega = 25,12\text{--}75,36$ хв⁻¹, куті твірної дозуючого диска $\alpha = 0\text{--}20$ град., радіусі кривизни лопаток диска $R_p = 0,03\text{--}0,07$ м і зміні тиску від атмосферного до вакуумметричного (до 6 кПа) продуктивність дозатора-змішувача компоненту, що вводиться знаходиться в межах $Q = 0,02\text{--}0,097$ кг/с (72–350,14 кг/год).

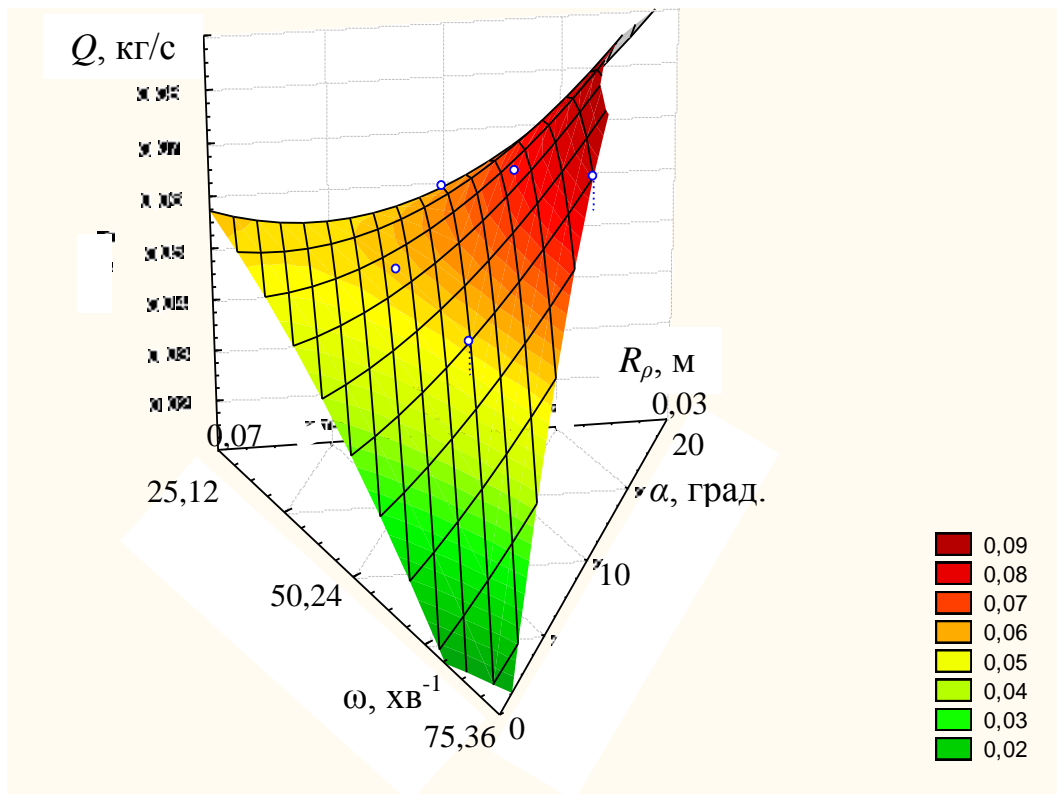


Рис. 3. Залежність продуктивності Q дозатора-змішувача компоненти, що вводиться від кутової частоти ω обертання диска, кута твірної α дозуючого диску і радіуса кривизни R_ρ лопаток диска при вакуумметричному тиску $P_\epsilon = 3$ кПа.

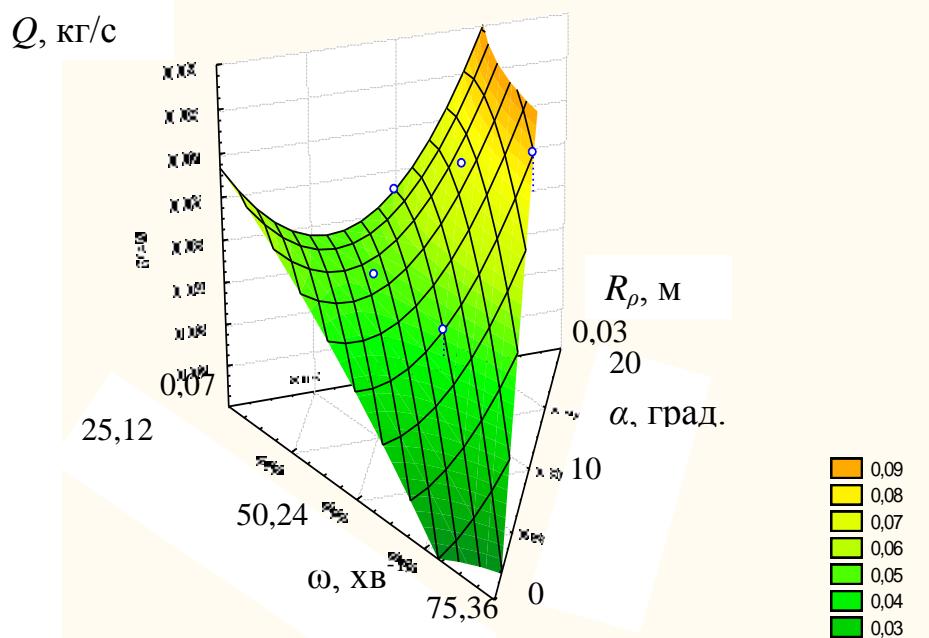


Рис. 4. Залежність продуктивності Q дозатора-змішувача компоненти, що вводиться від кутової частоти ω обертання диска, кута твірної α дозуючого диску і радіуса кривизни лопаток диска, R_ρ при вакуумметричному тиску $P_\epsilon = 6$ кПа.

Список літератури

1. Жислин Я.М. Оборудование для производства комбикормов и обогатительных смесей / Я.М. Жислин. – М. Колос, 1976. – 286 с.
2. Копейкина Т.К. Практикум по мукомольно-крупяному и комбикормовому производству / Т.К. Копейкина, Е.М. Мельников. – М.: Колос, 1972. – 340 с.
3. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960. – 310 с.
4. Василенко П.М. О движении семян по семяпроводам посевных машин / П.М. Василенко, Т.А. Василенко, С.Я. Богачев // Сельскохозяйственная машина. – 1957. – С. 3–6.
5. Смаглий В.І. Рух матеріальної частинки по шорстких дисках / В.І. Смаглий // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 1. – С. 117–126.
6. Гевко Б.М. Математична модель руху зерна по рухомим поверхням висівних апаратів / Б.М. Гевко // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – 2012. – №11, т. 1 (65). – С. 113–118.
7. Морозов І.В. Модель траєкторії руху зерна по поверхнях сільськогосподарських машин / І.В. Морозов, О.В. Дудін // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – Х., 2003. – Вип. 21. – С. 124–131.
8. Рогатинський Р.М. Модель контактної взаємодії частинки вантажу з робочими поверхнями сільськогосподарських машин / Р.М. Рогатинський // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – Х., 2003. – Вип. 21. – С. 222–228.
9. Адамчук О. Теория разгона удобрений рассеивающим рабочим органом центробежного типа / О. Адамчук // Научни трудове на Русенския университет. – 2013. – Т. 52, серия 1. – С. 22–30.
10. Адамчук В.В. Вплив параметрів і режимів роботи розсівального органу на сходження з нього частинок мінеральних добрив / В.В. Адамчук // Вісник аграрної науки. – 2004. – №12. – С. 42–45.
11. Адамчук В.В. Теория центробежных рабочих органов машин для внесения минеральных удобрений / В.В. Адамчук. – К.: Аграрна наука, 2010. – 260 с.
12. Бойко И.Г. Исследование движения частицы сыпучего корма по поверхности подающего конуса ротационного дозатора / И.Г. Бойко, О.А. Попов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х., 2010. – Вип. 95. – С. 72–77.
13. Семенцов В.И. Методика и результаты исследований скорости схода частицы с диска центробежного смесителя / В.И. Семенцов, И.Г. Бойко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х., 2015. – Вип. 157. – С. 52–56.
14. Batluk V. Mathematical model for motion of weighted parts in curled flow / Batluk V., Basov M., Klymets V. // Econtechmod. An International Quarterly Journal. – 2013. – Vol. 2, №. 3. – С. 17–24.
15. Дмитрів В.Т. До питання моделювання зрідженого потоку компонентів комбікорму / В.Т. Дмитрів, Р.В. Городняк // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х., 2009. – Вип. 79. – С. 224–229.
16. Патент 91457 Україна, МПК А23N 17/00. Стенд для дослідження руху зрідженої маси комбікорму / В.Т. Дмитрів, Р.В. Городняк ; заявник і патентовласник В.Т. Дмитрів, Р.В. Городняк. – заявл. 05.05.2009, опубл. 26.07.2010, Бюл. № 14.

17. Патент 97118 Україна, МПК В01F 7/16. Дозатор-змішувач / В.Т. Дмитрів, Р.В. Городняк ; заявник і патентовласник В.Т. Дмитрів, Р.В. Городняк. – заявл. 13.04.2009, опубл. 10.01.2012, Бюл. №1.

18. Патент на корисну модель 100908 Україна, МПК В01F 3/00, В01F 7/16. Спосіб змішування сипучих матеріалів / В.Т. Дмитрів, Р.В. Городняк ; заявник і патентовласник В.Т. Дмитрів, Р.В. Городняк. – заявл. 23.03.2015, опубл. 10.08.2015, Бюл. № 15.

Рассмотренная схема дозатора-смесителя, который предназначен для приготовления кормовых сыпучих смесей. Приведены особенности конструкции и работы дозатора-смесителя, приведены результаты экспериментальных исследований производительности при атмосферном и вакуумметричном давлениях в рабочем пространстве дозатора-смесителя.

Производительность, однородность комбикорма, вакуумметрическое давление, дисковый дозатор-смеситель, уравнение регрессии.

Schematics dispenser-mixer is designed for preparation of bulk feed mixtures. Powered and design features of dispenser-mixer, results of experimental studies of productivity at atmospheric pressure and vacuum in workspace dispenser-mixer.

Productivity, uniformity of feed, vacuum pressure, disk dispenser-mixer, regression equation.

УДК 631.363

ВИЗНАЧЕННЯ УМОВИ ЗАТЯГУВАННЯ ЗЕРНА ВАЛЬЦЕМ У ВАЛЬЦЕДЕКОВІЙ ЗЕРНОДРОБАРЦІ

С.Є. Потапова, кандидат технічних наук

В статті приведено теоретичне обґрунтування умови затягування зерна у робочий зазор між вальцем і декою в процесі його переробки вальцедековою зернодробаркою.

Подрібнювачі зерна, валець, дека, робочий зазор, умова затягування.

Постановка проблеми. Вагома частка тваринницької продукції в нашій країні виробляється невеликими фермерськими та підсобними господарствами. Приготування кормів безпосередньо в господарствах підвищує ефективність їх використання, але для цього

© С.Є. Потапова, 2015

необхідно забезпечити такі господарства сучасними засобами кормоприготування. Для підприємств невеликих типорозмірів необхідні зернодробарки невисокої продуктивності (від 100 до 250 кг/год), прості в конструктивному відношенні та в обслуговуванні, але водночас, здатні задовольняти вимоги щодо якості одержуваного продукту [1].

Аналіз останніх досліджень. Для виконання процесу подрібнення зернових кормів можуть застосовуватись різноманітні подрібнювачі кормів, проте найбільш широко використання у сільськогосподарському виробництві набули молоткові подрібнювачі. В порівнянні з більшістю інших кормопереробних машин вони відрізняються простотою конструкції та обслуговування, широкою універсальністю. Але ці машини мають істотні недоліки. Найбільш вагомими з них – велика нерівномірність фракційного складу продуктів подрібнення, завищена енергомісткість процесу, високий вміст пиловидної фракції, наявність цілих зерен в кінцевому продукті [1].

Значною перевагою вальцевих дробарок є висока рівномірність продуктів подрібнення з низьким вмістом пиловидної фракції. Ці машини зручні та надійні в експлуатації. Одновальцеві (вальцедекові) подрібнювачі крім переваг вальцевих дробарок мають до того ж більш просту конструкцію.

Відомими вченими досліджені основні закономірності та сформовано теоретичні передумови щодо розроблення техніки для подрібнення зерна. Вивченню фізичних та технологічних властивостей зерна присвячено багато робіт як вітчизняних, так і зарубіжних авторів: Я.Н. Купріца, В.Я. Гіршсона, Г.А. Єгорова, С.Д. Хусіда, А.М. Братухіна, Я.Ф. Мартиненка, І.І. Ревенка, Л.Е. Айзиковича, П. Пельсенке, Г. Боллінга, Ф. Аткинсона та ін. Проведено фундаментальні дослідження щодо впливу кінематичних та геометричних параметрів на процес подрібнення зернових продуктів стосовно двовальцевих дробарок (Афанасьєв П.А., Зворикін К.А., Козьмін П.А., Купріц Я.Н., Гіршсон В.Я., Соколов А.Я., Панченко А.В., Белецький В.Я., Мерко І.Т., Данілін А.С., Ревенко І.І., Гальперін Г.Д., Бутковський В.А. та ін.). Із зарубіжних вчених слід зазначити роботи П. Пенса, Г. Реймана, Д. Берча та інших. Проте питання наукового обґрунтування основних параметрів та режимів роботи вальцедекових дробарок детально не досліджені.

Метою досліджень. Обґрунтувати конструктивно-функціональну схему та визначити умову затягування зерна вальцем у робочий зазор вальцедекової дробарки.

Результати досліджень. На основі проведеного аналізу і порівняльної оцінки патентних матеріалів та авторських свідоцтв розроблено конструктивно-функціональну схему вальцедекової зернодробарки.

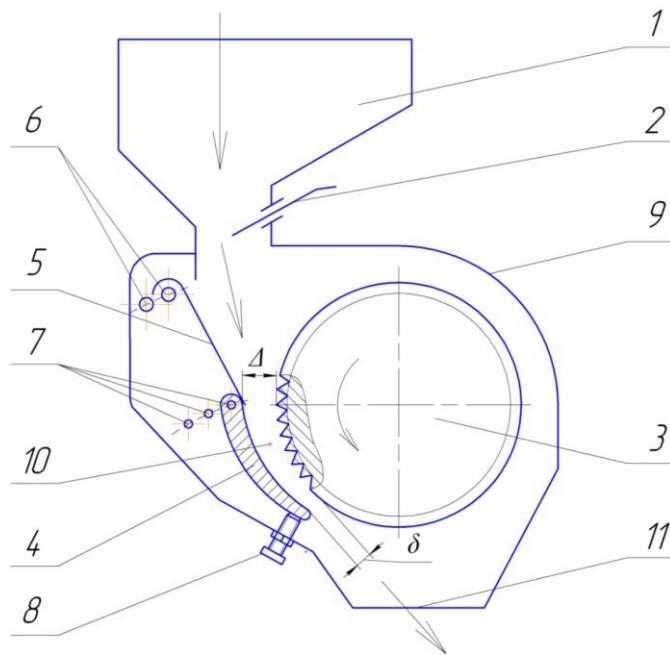


Рис. 1. Конструктивно-функціональна схема дробарки: 1 – зерновий бункер; 2 – регулювальна заслінка; 3 – валець; 4 – дека; 5 – напрямна; 6, 7 – кріплення відповідно напрямної та деки; 8 – регулювальний гвинт; 9 – корпус; 10 – робоча зона; 11 – вивантажувальне вікно.

Дробарка складається з корпусу 9, в якому розміщені рифлений валець 3 та дека 4. Зверху корпусу знаходиться приймальний бункер 1 з регулювальною заслінкою 2. Для забезпечення безперервної та рівномірної подачі перероблюваного матеріалу до подрібнюючих органів в корпусі дробарки встановлено напрямну поверхню 5. В боковинах корпусу є додаткові отвори 6 і 7 для зміни положення відповідно напрямної та деки. В нижній частині корпусу дробарки розміщений пристрій 8 регулювання величини вихідного зазору δ .

Отвори в боковинах корпусу дають можливість зміни кута нахилу напрямної для забезпечення кращої подачі різних видів концентрованих кормів. Дека кріпиться в отворі корпусу шарнірно на осі верхнім кінцем. Перестановка осі кріплення деки на інший отвір дозволяє змінювати величину вхідного зазору Δ . Робочі поверхні вальця та деки утворюють між собою криволінійну клиноподібну робочу зону 10. Для забезпечення стабільного затягування зерна у робочий зазор деку виготовлено за формою спіралі Архімеда [2]. Величина зазору δ на виході обумовлює крупність продукту подрібнення і регулюється гвинтом. Варіювання положення напрямної та деки дозволяє збільшити функціональні можливості та підвищити ефективність роботи дробарки при переробці сировини з різними вихідними розмірами часток, а також розширити можливості регулювання крупності продуктів подрібнення.

Подача перероблюваного матеріалу до робочих органів дробарок може здійснюватись двома способами: примусово або гравітаційно [3]. Проте примусова подача призводить до додаткових витрат енергії та ускладнює конструкцію машини. Тому в запропонованій схемі подача матеріалу на подрібнення та відведення готового продукту здійснюється самопливом, тобто гравітаційно.

З метою дослідження особливостей руху зернини між декою і вальцем при реалізації досліджуваного процесу подрібнення зерна у вальцедековій дробарці побудовано розрахункову математичну модель на основі методики, запропонованої академіком П.М. Василенком [4] з використанням принципів теоретичної механіки.

Розглянемо еквівалентну схему взаємодії зернини масою m і радіусом r з центром у точці O' з поверхнями вальця радіусом R з центром в точці O та деки (рис. 2).

В процесі роботи дробарки зернина радіусом r з центром у точці O' ($r=d_e/2$, де d_e – еквівалентний діаметр зернини) напрямною з кутом нахилу до горизонталі β потрапляє в клиновидний простір між вальцем радіусом R та декою, величина якого визначається розміром вхідного зазору Δ . Кут β нахилу напрямної повинен бути не меншим кута тертя зернини по поверхні деки. Кут α захоплювання зерна вальцем – один з найважливіших параметрів, що характеризують процес подрібнення вальцевими дробарками, який на пряму залежить від геометричних параметрів робочих органів та розмірів перероблюваного зерна.

Величина кута захоплювання α визначається залежністю [5]:

$$\alpha = \arcsin \frac{(R + \Delta) \sin \beta - r}{R + r} - \beta. \quad (1)$$

Це рівняння свідчить, що значення кута α залежить від зміни кута нахилу напрямної β , розмірів зернини r і вальця R та величини вхідного зазору Δ між вальцем і декою.

В точці контакту зернини з поверхнею вальця на зернину з боку вальця діє зусилля N_e , яке передається через зернину на поверхню деки і викликає відповідну реакцію з боку поверхні деки N_d , яка за величиною рівна:

$$N_d = N_e \sin(\alpha + \beta). \quad (2)$$

Крім того, на зернину діють:

- сила тяжіння \bar{G} ,

$$\bar{G} = m\bar{g}, \quad (3)$$

де: g – прискорення вільного падіння, m/c^2 ;

- сила тертя зернини по поверхні вальця \bar{F}_{Te} ,

$$\bar{F}_{Te} = f_e N_e, \quad (4)$$

де: f_e – коефіцієнт тертя ковзання по поверхні вальця;

- сила тертя зернини по поверхні деки $\bar{F}_{T\partial}$,

$$\bar{F}_{T\partial} = f_{\partial} N_{\partial}, \quad (5)$$

де: f_{∂} – коефіцієнт тертя ковзання по поверхні деки.

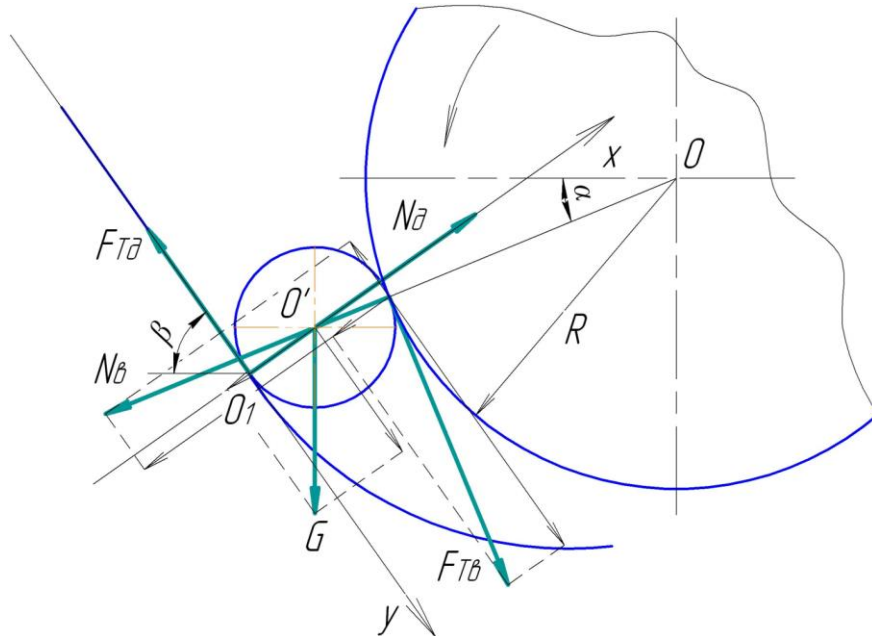


Рис. 2. Схема сил, що діють на зернину в момент її захоплення вальцем.

Проходження зерна через робочий зазор можливе лише тоді, коли буде виконуватися наступна умова: сума сил, що діють у напрямку робочого зазору, перевищує суму сил, що протидіють затягуванню зерна.

Отже, умова затягування зерна вальцем в робочий зазор між декою та вальцем матиме вигляд:

$$G \sin \beta + F_{T\delta} \sin(\alpha + \beta) > N_{\delta} \cos(\alpha + \beta) + F_{T\partial} \quad (6)$$

Після підстановки виразів для визначення відповідних сил (2)–(5) у вираз (6) отримаємо:

$$mg \sin \beta + f_e N_e \sin(\alpha + \beta) > N_e \cos(\alpha + \beta) + f_{\partial} N_e \sin(\alpha + \beta). \quad (7)$$

Оскільки маса зернини досить мала, то нею можна знехтувати. Після необхідних перетворень нерівність (7) набуде вигляду:

$$\operatorname{ctg}(\alpha + \beta) < f_e - f_{\partial}. \quad (8)$$

В кінцевому результаті умова затягування зерна вальцем у вальцедековій зернодробарці має вигляд:

$$\alpha < \operatorname{arcctg}(f_e - f_{\partial}) - \beta. \quad (9)$$

Висновок. Розроблено раціональну конструктивно-функціональну схему вальцедекової зернодробарки. Теоретично визначено умову затягування зерна вальцем в робочий зазор залежно

від коефіцієнтів тертя його по поверхнях вальця та деки. Отримані результати є передумовою для обґрунтування параметрів вальцедекових подрібнювачів зернових кормів.

Список літератури

1. *Потапова С.Є.* Классификация и оценка измельчителей зерна / *С.Є. Потапова* // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2013. – Vol. 15, No 3. – P. 349–356.
2. *Горячкин В.П.* Собрание сочинений : в 3 т. / *В.П. Горячкин*. – М.: Колос, 1965. – Т. 3. – 384 с.
3. *Ревенко І.І.* Машини та обладнання для тваринництва : підручник / *І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко*. – К.: Кондор, 2009. – 731 с.
4. *Василенко П.М.* Введение в земледельческую механику / *П.М. Василенко*. – К.: Сільгоспосвіта, 1996. – 251 с.
5. *Потапова С.Є.* Теоретична модель процесу подрібнення зерна вальцедековою дробаркою / *С.Є. Потапова* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2015. – Вип. 212, ч. 1. – С. 148–153.

В статтє приведено теоретическое обоснование условия затягивания зерна в рабочий зазор между вальцом и декой в процессе его переработки вальцедековой зернодробилкой.

Измельчители зерна, валец, дека, рабочий зазор, условие затягивания.

In paper is presented the theoretical foundation of condition of grain tightening in working gap between roller and deck during grain processing by roll-and-deck crusher.

Grain grinders, roll, deck, working gap, condition of grain tightening.

УДК 631.3:631.115.1:636

ТЕНДЕНЦІЇ СТВОРЕННЯ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ПІДГОТОВКИ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ ДО ЗГОДОВУВАННЯ В УМОВАХ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ ГОСПОДАРСТВ УКРАЇНИ

Н.В. Шейко, кандидат історичних наук
М.О. Пилипенко, кандидат технічних наук

Розглянуто техніко-економічні та соціальні передумови створення засобів механізації тваринництва для використання

© Н.В. Шейко, М.О. Пилипенко, 2015

на тваринницьких фермах господарствах. Приведені особливості та напрями розвитку технологічних та технічних рішень, що використовуються при створенні вказаних машин. Подана хронологія випуску заводами України основних типів машин.

Тваринницька ферма господарства, концентровані корми. підготовка кормів, дробарки, подрібнювачі кормів, комбікормові установки, змішувачі, дозатори.

Постановка проблеми. Для вивчення історії розвитку науково-технічних знань з напрямку створення засобів механізації переробки кормових матеріалів на тваринницьких фермах господарствах необхідно провести комплексне дослідження проблеми, яке включає визначення соціальних і економічних факторів в Україні, що впливають на умови накопичення відповідних даних наукового та прикладного технічного характеру, ознайомлення із здобутками українських вчених і конструкторів в даному напрямі діяльності, хронологію розвитку конструкцій машин на умови їх використання.

Аналіз останніх досліджень. Незважаючи на велику кількість тваринницьких машин по підготовці до згодовування концентрованих кормів в секторі аграрного виробництва та їх різноманітність, досліджень і публікацій з еволюції розвитку цих машин започатковано не було. Разом з тим за попередні роки в Україні створений і використовується значний технічний парк машин та набуто широкий досвід економічного і соціального функціонування господарств: селянських (підсобних), фермерських, колективних в яких застосовуються частково механізовані лінії з виробництва тваринницької продукції.

Мета досліджень. Зважаючи на наявність бази технічних об'єктів для дослідження, доцільно провести розгляд генезису та еволюції машин призначених для вказаних господарств, так як вивчення і аналіз динаміки забезпечення тваринництва цього сектору агропромислового виробництва в розрізі історичного періоду, дозволяє установити загальні тенденції минулого та обґрунтувати раціональні напрями в наступних періодах розвитку аграрного сектору господарювання.

Результати досліджень. Розвиток машинних технологій в першу чергу базується на наявності ресурсних та економічних можливостей суспільства в поліпшенні засобів виробництва. Для комплексного вирішення технічної реорганізації галузі виробництва треба підвести необхідну фінансову, наукову та технічну базу. Нові уклади техніки, як правило, починають створюватись в попереднім історичним періоді. Від моменту створення нової техніки до її широкого використання проходить значний відрізок часу. С.В. Шухардін вказував: "У той час, коли відбувається заміна старої техніки на нову і ко-

ли старі і нові технічні засоби мають приблизно однакові технічні параметри та забезпечують аналогічні результати, основним критерієм вибору стають економічні міркування” [5, С. 117–118].

Щодо розвитку засобів механізації виробничих процесів в господарствах в Україні, то при проведенні аналізу їх стану в різних історичних періодах необхідно враховувати не лише доцільність заміни старих способів виробництва на удосконалені форми, а й залежність від політичних та соціальних факторів в розрізі кожного досліджуваного періоду.

Ці залежності чітко відслідковуються при порівнянні особистих і колективних сільськогосподарських підприємств України, особливо протягом другої половини ХХ ст. всього історичного періоду. В питаннях ефективності різних форм господарювання, можна послатись на ґрунтовні дослідження М. Туган-Барановського, який проводив глибокі дослідження ще в часи столипінської реформи. При цьому вчений розглядав дві сторони питання: економічну і соціальну. М. Туган-Барановський дійшов висновків, що велике виробництво у сільському господарстві, крім природних перешкод, економічних труднощів, зіштовхується з цілим рядом соціальних проблем. Великому господарству не вигідно постійно утримувати значну чисельність найманих працівників, які йому потрібні лише на сезон роботи. Тому велике виробництво зацікавлене, щоб поруч існували дрібні селянські господарства, які б постачали його сезонною робочою силою за наймом. Дрібне селянське господарство працює не стільки заради прибутку і ренти, скільки заради самозабезпечення своєї життєдіяльності. Селяни не припиняють господарювати навіть тоді, коли нічого не отримують, крім продуктів харчування, коли господарство не вигідне як товарне, а залишається просто натуральним [1].

Особисті селянські господарства були і є наочним свідченням прагнення селян до самостійного господарювання. В процесі трансформації ринкового сектору вони стали ключовою ланкою, яка пом'якшила можливі катастрофічні наслідки глибокої економічної кризи пострадянської колгоспно-радгоспної системи. Починаючи з дев'яностих років минулого століття особисті господарства селян в Україні відіграють досить значну роль в забезпеченні населення продуктами харчування. Їх валова продукція становить дві третини, а у тваринництві сягає за 72–73% [1].

В якості окремого типу виробничої структури сільськогосподарського сектору виробництва особисті підсобні господарства почали формуватись в Україні ще в період проведення колективізації сільського господарства. Оскільки основне виробництво тваринницької продукції зосереджувалось в колгоспах і радгоспах, то для забезпечення власних потреб селяни змушені були вирощувати в невеликих

присадибних господарствах худобу і птицю, кількість якої різко обмежувалась урядовими постановами. Особисті селянські господарства вважались неперспективним напрямом. Але труднощі в забезпеченні населення продуктами харчування, незважаючи на значні зусилля направлені на розвиток крупнотоварного аграрного виробництва, привели до зміни відношення стосовно цього типу господарств. Постанови уряду за 1953–1964 рр. послаблювали обмеження виробництва в особистому секторі і сприяли певному розвитку підсобних селянських господарств. Тваринництво стало домінуючим виробничим напрямом особистих підсобних господарств і досягло 70% обсягу їх валової продукції, а в цілому по Україні виробництво тваринницької продукції в особистих селянських господарствах зрівнялось з обсягом, одержаним в колективних господарствах, а з деяких видів продукції перевищувало його.

Ці успіхи сприяли поступовому насиченню ринку продуктами тваринництва. Але стабільність виробництва тваринницької продукції і подальший розвиток цього напрямку гальмувався великими затратами праці, в першу чергу через відсутність засобів механізації промислового виготовлення при зменшенні кількості працездатних на селі. Наступні 20 років показали, що без належної уваги до особистих підсобних господарств селян проблема забезпечення населення продуктами тваринництва не вирішується. Внаслідок чого з'явилась постанова Партії та Уряду від 1981 р. про заходи з виробництва сільськогосподарської продукції в особистих підсобних господарствах громадян. В цей період була розроблена і затверджена система машин по створенню техніки для особистого сектору виробництва [4]. Значу долю в ній було приділено засобам підготовки кормів до згодовування. Вона стала конкретним планом роботи науково-дослідних інститутів, конструкторських організацій і заводів підпорядкованих міністерству по машинах для тваринництва і кормовиробництва, а також міністерству сільського господарства. Це такі як: Всесоюзний науково-дослідний конструкторсько-технологічний інститут по машинах для механізації та автоматизації тваринницьких ферм (м. Київ); Центральний науково-дослідний проектно-технологічний інститут механізації і електрифікації тваринництва (м. Запоріжжя); Український науково-дослідний інститут механізації і електрифікації сільського господарства (сmt. Глеваха), Державне спеціалізоване конструкторське бюро по машинах для свинарства та ПО “Уманьферммаш” (м. Умань); Новоград-Волинський завод сільськогосподарських машин; ВАТ “Брацлав” та інші. Крім того, були залучені працівники заводів, підпорядкованих іншим міністерствам, зокрема міст Харкова, Львова, Києва, Дніпропетровська, Одеси, Херсону, Миколаєва. В подальші роки, починаючи з 1983 р., ство-

рення і випуск машин для механізації рослинництва та особливо тваринництва в Україні для всіх типорозмірів господарств почав стрімко розвиватись.

Створення і освоєння промисловістю великої кількості тваринницьких машин, призначених для виконання робіт в селянських господарствах, стало можливим завдяки наявності великої за обсягом вітчизняної та зарубіжної бази даних, що попередньо формувалась і застосовувалась для розробки високопродуктивних машин. До прийняття вказаних вище постанов щодо забезпечення особистих господарств технікою промислового виготовлення вже була відпрацьована значна кількість технічних рішень з переробки кормів, які можна було апробувати на пристосованість до використання в засобах кормоприготування для індивідуального сектору тваринництва. Це надбання базувалось на результатах тривалої підготовчої роботи багатьох поколінь вчених, конструкторів та машинобудівників у світовому контексті. Суттєвий внесок в досягнення цього потенціалу створений також представниками України. Взагалі створення тваринницьких машин протягом ХХ ст., в основному, проходило через три послідовно поєднані стадії становлення: проведення наукових досліджень, проектування та виготовлення. В технічних рішеннях, що закладались в конструкції кормопереробних машин, прослідковується трансформація елементів конструктивного оформлення з врахуванням кращих досягнень попередньої технології при переході її в наступний етап та нових наукових і технічних рішень, що впливають з наробок по вивченню фізичних явищ та загального розвитку машинобудування. Машини для приготування кормів були і залишаються основною часткою загального комплексу засобів механізації тваринництва. В цілому для всіх категорій господарств на підготовку кормів до згодовування припадає біля 55% затрат в тваринницькій галузі, а щодо особистих селянських господарств, то відсоток наявних засобів механізації для переробки кормів до загальної кількості тваринницьких машин в цьому секторі господарств досягає 70–75%. Такий стан, в першу чергу, пов'язаний з тим, що більшість кормових продуктів, приведених до оптимальних кондицій якості шляхом виконання над ними певного комплексу технологічних операцій, не можна одержати без застосування механізованих процесів через необхідність використання високошвидкісних режимів дії робочих органів на кормовий матеріал та значних енергетичних затрат.

Запропонована до випуску номенклатура тваринницької техніки для проведення робіт в особистих селянських господарствах, на відміну від системи машин для механізації робіт в крупнотоварному колективному тваринництві, де домінуючим був напрям запровадження комплексної механізації всіх ланок виробництва, передбача-

ла на першому етапі створення машин для виконання лише основних, найбільш трудомістких процесів та операцій, де можна було застосувати малометалоємні машини, залишаючи значну кількість немеханізованих робіт.

Перенесення основного виробництва тваринницької продукції на невеликі ферми поставило вимогу переорієнтації типорозмірних характеристик машин внаслідок зменшення добової потреби в кормах та підвищення вартості металу і електроенергії на фоні знецінення людської праці. Тому за умов виконання малих обсягів робіт раніше створені високопродуктивні машини стають економічно збитковими. Виникає необхідність створення нових кормопереробних машин, що за техніко-економічними показниками відповідали б новим умовам раціонального ведення тваринництва в особистих селянських господарствах.

Машини для виконання робіт в підсобних господарствах за своєю конструкцією досить суттєво відрізняються від машин призначених для колективних господарств. Це обумовлюється різними обсягами виконуваних робіт, відмінними умовами господарювання, організацією праці як за розпорядком дня, так і протягом року, а також психологічними факторами і, перш за все, відношенням до праці, що накладає відбиток зворотного зв'язку також на вимоги до засобів механізації. На характер і форми виробничої діяльності людей, особливо в індивідуальному секторі господарювання, на протязі всього періоду розвитку суспільства суттєво впливають соціальні фактори.

Обмежуваними умовами створення машин в початковий період реалізації наміченої системи машин для індивідуального сектору, була мала добова потреба в кормах, необхідність низької вартості машин через їх мале питоме навантаження та наявність електроприводу, в основному, розрахованому на однофазну мережу потужністю до 1,1 кВт. В наступні роки, особливо після 1990 р., спостерігається укрупнення індивідуальних господарств, чому сприяло збільшення закріпленої за селянином землі. Це відкривало можливості покращення окупності коштів, вкладених в придбання засобів механізації, збільшення продуктивності машин, а також застосування більш складних за технологією та сукупністю технічних рішень засобів механізації, наприклад, комбінованих кормоприготувальних агрегатів. Виготовленню промисловістю більш продуктивних і енергонасичених машин сприяло спрощення організації забезпечення індивідуальних господарств трифазним струмом.

При однаковій технічній відповідності конструкцій, тобто для машин одного типу та рівня комплектації, питома маса машини із зменшенням пропускної здатності зростає по характеру ступеневої функції з показником ступеня 2–3, то зменшення маси малопродук-

тивних або машин використовуваних з малим коефіцієнтом завантаження може бути виконане в основному за рахунок спрощення конструкції шляхом ліквідації завантажувально-розвантажувальних механізмів, сумістивши ці операції з іншими, чи застосовуючи ручну працю; шляхом спрощення пристроїв проведення технологічного контролю за роботою машин, або переводячи контроль за виконанням роботи подрібнювачів з автоматичного керування на візуальний контроль; а також розробкою таких вузлів, які б суміщували послідовно виконувани операції, наприклад, подачу з очисткою кормового матеріалу від домішок, дозування з завантаженням, подрібнення із змішуванням і т.п.

Технологічні затрати енергії на переробку кормових матеріалів, однакових за фізико-механічними властивостями, досить близькі. Але так як, наприклад, при подрібненні корму поряд з основною операцією мають місце додаткові енергозатратні процеси (повітряний потік, тертя при переміщенні, набуття часточками інерційних сил), то при створенні кормопереробних машин для малих ферм необхідно утилізувати цю супутню енергію, що збільшить к.к.д. процесу та зменшить енерговитрати. Це, наприклад, можуть бути: використання супутнього потоку повітря для сепарації подрібненого матеріалу після виходу з камери подрібнення; використання набутої сили інерції крупних часточок для їх додаткового подрібнення; організація очищення сипучого корму від твердих домішок, зокрема металу.

Так як енергонасиченість кормопереробних машин безпосередньо не впливає на економічні показники, то при визначенні їх встановленої потужності слід виходити не лише з продуктивності машини, що відповідає добовій потребі в кормах, а перш за все з витрат на оплату праці оператора, тому що із зниженням продуктивності машини обернено пропорційно зростають відрахування на оплату праці. Тому, наприклад, сухі кормові матеріали (зерно, злежані мінеральні та кускові білкові добавки, сіно) можна готувати заздалегідь, накопичуючи в простих сховищах: приміщеннях, відсіках, пристосованих бункерах, приямках); а переробні машини можна встановлювати з продуктивністю дещо завищеною, ніж розрахункова продуктивність технологічної лінії.

Якісні показники кормопереробних машин, створюваних для особистих селянських господарств, повинні відповідати загальноприйнятим зоотехнічним вимогам по всіх параметрах, оскільки ці вимоги пов'язані з фізіологією годівлі тварин. Що ж до технологічної пристосованості, то ці машини повинні бути більш універсальними до властивостей кормового матеріалу. Причому зміна, наприклад, твердості, чи вологості (в межах кондиційної) не повинна викликати порушення технологічної надійності, а компенсація затратної пито-

мої потужності для певних властивостей матеріалу повинна проводитись оператором за рахунок зміни подачі матеріалу в камеру переробки. Для особистих селянських господарств набуває актуальності закладання в конструкцію таких рішень, які б допускали їх використання не лише на одному виді кормового матеріалу, а й на інших видах кормів, близьких за своїми властивостями. Це може вирішуватись як вибором конструктивних елементів та їх режимів, відповідних перероблюваним кормам, так і використанням змінних робочих органів, чи навіть вузлів машини, тобто побудова машини із спільних та спеціалізованих легкознімних блоків. Універсализація, поєднуючи в одному подрібнювачі можливість виконання різних операцій, зменшує капіталовкладення, збільшує коефіцієнт використання техніки, оскільки поєднує в одному агрегаті декілька машин, але й вона має обмеження щодо складності конструкції та затрат часу на переналагодження. Критерієм в даному разі є економічна доцільність.

При виборі напряму створення машин - спеціалізованих чи універсальних, слід також враховувати, що всяка конструкція універсальної або комбінованої машини втілює в собі всі операції в рівновеликій кількості. Разом з тим, аналіз використання універсальних машин показує, що різні операції мають відмінне між собою за часом завантаження і часто такий комбінований агрегат застосовується по виконанню основної операції на 50–75%, а інші передбачені операції мають менше завантаження, іноді рідко використовуюване.

Зважаючи на подані вище особливості виконання технологічних процесів підготовки кормів до згодовування тваринам в особистих селянських господарствах та спираючись на наявну науково-технічну базу і виробничі потужності, в Україні за короткий час було створено цілий ряд кормопереробних машин, які доопрацьовувались і поліпшувались відповідно до особливостей індивідуального сектору тваринництва та організації раціональних умов його функціонування. Стимулом для покращення конструктивних та експлуатаційних рішень машин стали умови зняття монополії на номенклатуру продукції машинобудівної галузі, відбіркове придбання машин споживачами, яке заставляло в короткі терміни створювати конкурентоздатне обладнання. Разом з тим, на відміну від колективних тваринницьких підприємств, що створювались для всіх зон країни за типовими проектами, тваринницький сектор особистих селянських господарств базувався на багатоплановості організаційних, технологічних та технічних рішень, що склались з різко відмінних можливостей, забезпеченості та обсягів ресурсів виробника і організації споживання і збуту тваринницької продукції. Тому практично кожен виробник тваринницької продукції, виходячи з особливостей свого господарства, потребував в придбанні різних машин за призначенням і відпові-

дністю їх використання. При створенні машин для кормоприготування в особистих селянських господарствах поряд з традиційними шляхами організації робіт, коли спочатку здійснювався пошук технологічного та принципового технічного рішення науковцями, далі підключались конструкторські організації, машино-випробні станції і на-решті, в разі досягнення позитивних результатів, машинобудівні підприємства; застосовувались шляхи, які дозволяли прискорити створення машин. При цьому базуючись на доступній для вивчення вітчизняній та особливо зарубіжній інформації щодо особливостей конструкцій аналогічних машин, створення конструкцій проводилось безпосередньо машинобудівними заводами з залученням їх конструкторських підрозділів. Цей шлях широко використовувався заводами інших галузей машинобудування.

Поряд із спеціалізованими машинами, що призначались для виконання лише одного технологічного процесу для певної групи кормових матеріалів, були створені універсальні машини для переробки відмінних між собою кормів, а також комбіновані машини, які мали змогу виконувати декілька технологічних операцій. При цьому виконання різних операцій проводилось одночасно, або послідовно з проведенням відповідної переналадки машини, або заміною спеціалізованих вузлів. Із спеціалізованих кормопереробних машин в першу чергу слід назвати подрібнювачі кормів. За короткий період (1985–1986 рр.) були розроблені подрібнювач зерна молотковий “Таврія”; мікродробарка вальцедекова з електроприводом МКД-Ф-1 та з вітровим приводом МКДВ; молоткові дробарки ДЗ-0,1 та ДЗ-Т-1; зернова плющилка ПЗ-Т-0,1 [3]. В наступні роки налагоджено випуск нових машин для подрібнення зерна: типорозмірний ряд малогабаритних дробарок молоткових безрешітних ДМБ-П продуктивністю 200 кг/год; 300 кг/год і 500 кг/год; зерноподрібнювач ЗИ-1; КД-1 та КД-2; подрібнювач зерна ДЗ-0,1 [2].

Для подрібнення стеблових кормів (трави, сіна та соломи) на січку найпершою і найбільш розповсюдженою машиною була соломорізка СР-2 з ручним приводом, оснащена барабанним ножовим апаратом. Більш досконалою модифікацією можна вважати соломорізку СР-60, в якій знижена маса, зменшено габарити та досягнуто кращої стабілізації роботи ріжучого апарату. В середині 80-х років поставлено на виробництво соломорізку СМ-100 з електроприводом потужністю 0,4–0,6 кВт, та подрібнювач кормів малогабаритний ИКМ-Т-1 для подрібнення грубих кормів та трави. В порівнянні з СМ-100 він оснащений більш потужним електродвигуном (0,75 кВт) [3].

Значний відсоток в раціонах свиней в особистих селянських господарствах складає зелена маса та відходи саду і городу, подрібнені до стану пасти. Із пастопріготувачів доцільно назвати подріб-

нювач ИОС-Т-4 та подрібнювач-пастоприготувач ИП-Т-100, оснащених ножовим апаратом та електроприводом з потужністю відповідно 0,75 та 035 кВт. Для подрібнення харчових відходів в 1987 р. була створена електродробарка харчових відходів ЭД-Т-1, в якій на хвостовику електродвигуна, встановленого вертикально, насаджений ротор з ножовим апаратом.

Для підготовки коренеплодів до згодовування розроблено та випущено цілий ряд подрібнювачів як з ручним, так і з електрифікованим приводом. Коренерізки з ручним приводом, які мали домінуюче застосування до 1988–1990 рр., розраховані на продуктивність від 50 до 200 кг/год, їх маса становить від 5,8 до 22 кг. Щодо якості одержаного продукту, то поруч з нерегульованим розміром частинок мало місце застосування пристроїв для частково регульованої якості стружки. Із більш розповсюджених конструкцій слід відмітити овочетерку дискову ОТД-06, коренерізку побутову ШП-29, коренерізку КР-1 та РК-1, коренерізку дискову КД-100, коренерізку барабанну КБ-200 та коренерізку вертикально-дискову КРД-200. Починаючи з 1980 р. заводи випускають конструкції електрифікованих коренерізок з продуктивністю від 100 до 500 кг/год. Потужність двигуна становить від 0,18 до 1,1 кВт. В порядку збільшення продуктивності можна назвати такі конструкції: подрібнювач коренеплодів ИК-100, подрібнювач коренеплодів та фруктів ИК-Ф-150, корморізку побутову “Еліот” та коренерізку КЭП-Т. Всі коренерізки оснащуються ножовими робочими органами. З 1990 р. заводи налагоджують випуск більш продуктивних коренерізок. Це такі як подрібнювач коренеплодів ПК-Т-1 та ИК-Ф-1 продуктивністю відповідно 1,2 та 2–3 т/год [3]. Для теплової обробки кормів в особистих підсобних господарствах використовуються запарники кормів, представниками яких є кормозапарник КЗ-1, котел кормоварочний КВТ-60, запарник коренеплодів ЗК-Ф-40, запарник кормів ЗК-Т-0,02, електрокормозапарники ЭКЗ-1 і ЭКЗ-2 та запарник електрифікований універсальний ЭЗУ-Т-20.

Поруч із спеціалізованими машинами для приготування кормів певного виду були створені також універсальні подрібнювачі. Це такі як дробарка зерна і коренеплодів ДЗК-1, подрібнювач зерна і коренеплодів ИЗК-1, подрібнювач з заточувальним приводом ИЗ-Т-1-1; кормоприготувальна машина КМП-Т-2 для подрібнення зерна і коренеплодів; універсальна машина для подрібнення зерна, грубих кормів, початків кукурудзи та іншої кормової сировини МИК-1.

В початковий період формування системи машин для механізації робіт в індивідуальному секторі тваринництва (1984–1992 рр.) було розроблено і поставлено на виробництво декілька комбінованих машин, які поряд з операціями підготовки кормів до згодовування можуть виконувати інші механізовані роботи побутового характе-

ру. З комбінованих машин в цей період розроблено та поставлено на виробництво: машину сільського побуту МСБ-1; подрібнювач кормів АРС-Т-300 та машину побутову Э-270. Крім подрібнення зерна, коренебульбоплодів, соломи і інших грубостеблових кормів, комбіновані машини виконували луцення зерен кукурудзи із початків, розпилування деревини, фугування площин пиломатеріалів, заточування інструменту. Ці машини мали низьку продуктивність та значні затрати праці як на проведення технологічних робіт, так і на перекомплектацію спеціалізованих вузлів. Тому в наступні роки, характерні збільшенням обсягів виробництва в особистих селянських господарствах, вказані комбіновані машини не набули широкого розповсюдження. Поряд з цим застосування комбінованих машин набуває розширення в іншій сфері – приготування комбікормових сумішок. Цьому сприяють, з одного боку, досвід використання комбікормів на фермах, що дозволяє економити близько 15–20% найбільш дорогої кормової сировини – зерна, а з іншого – наявність зернової сировини власного виробництва завдяки збільшенню площі землекористування в особистому господарстві. З машин такого призначення можна назвати установку по виробництву комбікормів Р-6УПК продуктивністю 0,35 та 0,7 т/год, агрегати АКР-П та АКР-Ф продуктивністю від 0,2 до 1,0 т/ год, мінікомбікормовий агрегат конструкції “ІМЕСГ” продуктивністю 0,1–0,3 т/год, міні комбікормову установку МКУ-1 та комбікормовий агрегат “Княжа Авіла” продуктивністю 0,2 т/год.

Висновок. Виробництво машин для підготовки кормових матеріалів до згодовування тваринам на тваринницьких фермах господарств України, яке було започатковане в восьмидесяті роки ХХ ст. на підставі постанов Уряду про заходи з виробництва сільськогосподарської продукції в підсобних, фермерських та колективних господарствах, виконувалось спільно науковими закладами, конструкторськими організаціями та машинобудівними заводами. Було поставлено на виробництво цілий ряд подрібнювачів зерна, що виконувались як спеціалізовані машини, так і універсального та комбінованого виконання. Накопичена значна база науково-технічної інформації з цих питань, що дає можливість проводити історико-наукові дослідження розвитку засобів механізації з приготування кормів в умовах тваринницьких ферм господарств.

Список літератури

1. Аграрна реформа в Україні / [П.І. Гайдуцький, П.Т. Саблук та ін.]. – К.: ННЦ ІАЕ, 2005. – 424 с.
2. *Каталог-довідник* машини та обладнання для агропромислового комплексу. – К.: УкрЦВТ, 2011. С. 110–115, 127.
3. *Пилипенко А.Н.* Механизация переработки и приготовления кормов в личных подсобных хозяйствах / *А.Н. Пилипенко, А.В. Тимановский.* – М.: Росагропромиздат, 1989. – 144 с.

4. Пилипенко О.М. Аналіз і вибір принципових технічних рішень для застосування в конструкціях зернових дробарок малих ферм / О.М. Пилипенко, Л.М. Павліченко, С.М. Чибис // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – Х., 2001. – Вип. 8, т. 2. – С. 295–299.
5. Шухардин С.В. Техника в ее историческом развитии от появления ручных орудий труда до становления техники машинно-фабричного производства / С.В. Шухардин. – М.: Наука, 1979. – 412 с.

Рассмотрены технико-экономические и социальные предпосылки создания средств механизации животноводства для использования на животноводческих фермах хозяйствах. Приведены особенности и направления развития технологических и технических решений, используемых при создании указанных машин. Представлена хронология выпуска заводами Украины основных типов машин.

Животноводческая ферма хозяйства, концентрированные корма, подготовка кормов, дробилки, измельчители кормов, комбикормовые установки, смесители, дозаторы.

There are considered technical-economic and social premises of creating of facilities of stock-breeding mechanizations for use in personal subsidiary facilities. There are brought particularities and directions of development of technological and technical decisions, which are used when making the specified machines. There is presented chronology of issue of main types of machines for individual sector stock-breeding by Ukraine plants.

Personal agricultural farm, preparation of fodder plants, crusher machines, fodder shedder, mixed fodder hardware, steaming-plant.

УДК 631.363.21.+621.929.3

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ПРИГОТУВАННЯ КОМБІКОРМІВ В УМОВАХ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ ГОСПОДАРСТВА

**О.О. Заболотько, кандидат технічних наук
В.М. Сорокін, інженер**

Аналізуються технологічні схеми приготування комбикормових сумішок фермськими комбикормовими агрегатами, розрахованими на використання зерна власного виробництва та закуплених

© О.О. Заболотько, В.М. Сорокін, 2015

макро- і мікродобавок добавок. Вказана невідповідність застосовуваних схем одержанню сумішок необхідної однорідності. Запропонована технологічна схема, що базується на проведенні тристадійного змішування.

Концентровані корми, збалансовані комбікорми, технологічні схеми, основні операції, підготовчо-заклучні операції, стадії змішування, тварини.

Постановка проблеми. За останні роки спостерігається суттєве зростання собівартості виробництва комбікормів на комбікормових заводах та комбікормових підприємствах на що впливає як підвищення вартості зерна та компонентів добавок, так і значні витрати на перевезення сировини із господарств та зворотну доставку готових комбікормових сумішок. Найбільш ефективно використання концентрованих зернових кормів у складі комбікормів, де вони складають до 80–92 % за об'ємом. Тому для господарств важливо вибрати ефективні технічні засоби переробки фуражного зерна в якісний комбікорм в умовах тваринницької ферми.

Розвиток тваринництва і підвищення його рентабельності можливі лише за умови наявності в господарстві достатньої кількості високоякісних і, до того ж, дешевих кормів. Оскільки Україна є однією з провідних країн-виробників зернових культур, актуальним постає питання раціонального використання цього потенціалу і, зокрема, забезпечення господарств концентрованими кормами. Якщо брати до уваги кон'юнктуру ринку, що склалася (наявність великої кількості перехідних залишків продукції, її низька вартість), а також враховуючи те, що в структурі вирощених зернових, через їх низьку якість, значну частку займає фураж, дане питання набуває ще більшого значення.

Аналіз останніх досліджень. Проблеми приготування збалансованих комбікормів у невеликих господарствах з різною формами власності привертали увагу багатьох вчених [1–4].

Метою досліджень є аналіз технологічних схем та обґрунтування напряму виробництва комбікормів з застосуванням приготовлених в господарстві сумішок з використанням мікро- та мікродобавок. Обґрунтувати застосування машин різної продуктивності для виробництва концентрованих кормів в умовах тваринницької ферми господарства. Провести оцінку експлуатаційних техніко-економічних параметрів міні комбікормових агрегатів на прикладі ВП НУБіП України навчально-дослідних господарств.

Результати досліджень. Суттєве зростання собівартості виробництва комбікормів на спеціалізованих комбікормових підприємствах на що впливає як підвищення вартості зерна та компонентів

добавок, так і значні витрати на перевезення сировини із господарств та зворотну доставку готових комбікормових сумішок.

Аналіз сучасної тенденції розвитку сільськогосподарської техніки, свідчать, що в Україні та західній Європі фірми випускають малогабаритні комбікормові агрегати, призначені для виробництва комбікормів у місцях з вирощування зерна. Такі агрегати можна розділити на дві основні групи: 1) стаціонарні комбікормові агрегати з приводом від електродвигуна; 2) мобільні комбікормові установки на шасі мобільного засобу [5].

Комбікормові установки – високорентабельне, надійне, комбіноване, універсальне у використанні обладнання для виробництва комбікормів для ВРХ, свиней, птиці, з використанням макро- і мікродобавок. Затрати на виготовлення комбікормів на стороні із зернової сировини господарств часто не покриваються додатковим приростом тваринницької продукції від застосування комбікормових сумішок низької їх якості і невідповідність за вмістом компонентів вимогам раціону, особливо для свиней та птиці. Все це приводить до зменшення попиту на придбання продукції, виготовленої комбікормовими підприємствами. Такий стан сприяє розширенню тенденції виробництва комбікормів безпосередньо в господарствах із власного зерна та закуплених концентратів білкових та мінеральних добавок. При цьому вартість комбікормів, при їх однаковій поживній цінності, обходиться на 15–25% нижче.

Фермські комбікормові агрегати випущені промисловістю України набули широкого розповсюдження в господарствах. З'являються нові конструкції комбікормових агрегатів, в яких застосовані більш вдосконалені технологічні та технічні рішення як з процесів забору сировини та її подрібнення, так і стосовно дозування компонентів та їх змішування [6–9]. Більшістю механізованих технологій передбачено використання готових (закуплених) низькоконцентратних сумішок білково-вітамінно-мінеральних добавок (БВМД), але в ряді випадків застосовується приготування спрощених сумішок добавок на місці з наступним введенням їх до зернових компонентів. Відсоток БВМД в раціонах тварин становить 10–20%. Вказана кількість сумішок БВМД та їх фізико-механічні властивості, які досить близькі за фрикційними показниками та гранулометричним складом до подрібненого зерна, дозволяє виконувати процеси по одержанню кінцевих сумішок комбікормів на макрорівні, застосовуючи одностадійне змішування всіх компонентів разом. При цьому сам процес змішування може бути організований однією операцією, або послідовним проведенням декількох технологічних та комбінованих операцій (використанням супутнього змішування при транспортуванні маси, подрібненні зернових компонентів дробарками-змішувачами та застосуванні спеціалізова-

них змішувачів сипких матеріалів). Розглядаючи технології приготування комбікормів, які закладені в функціонально-конструктивних схемах вітчизняних комбікормових агрегатів, можна згрупувати їх за типовими рішеннями, основні з яких подані на рис. 1.

За першою технологічною лінією були створені широко розповсюджені в шестидесятих-семидесятих роках минулого століття комбікормові цехи типу “ОКЦ”. В них передбачалось попереднє накопичення зернових компонентів в бункерах, дозована видача їх в збірний шнековий транспортер, подрібнення та приготування сумішки мінеральних і білкових добавок з введенням їх до транспортера подачі комбікорму в бункери готової продукції.

Лінія передбачає виконання потрійного неперервного змішування як супутньої операції при транспортуванні та подрібненні. За цією схемою було неможливо досягти високої однорідності сумішок комбікормів. Поряд з приготування простих сумішок добавок можна було використовувати закуплені повноцінні добавки.



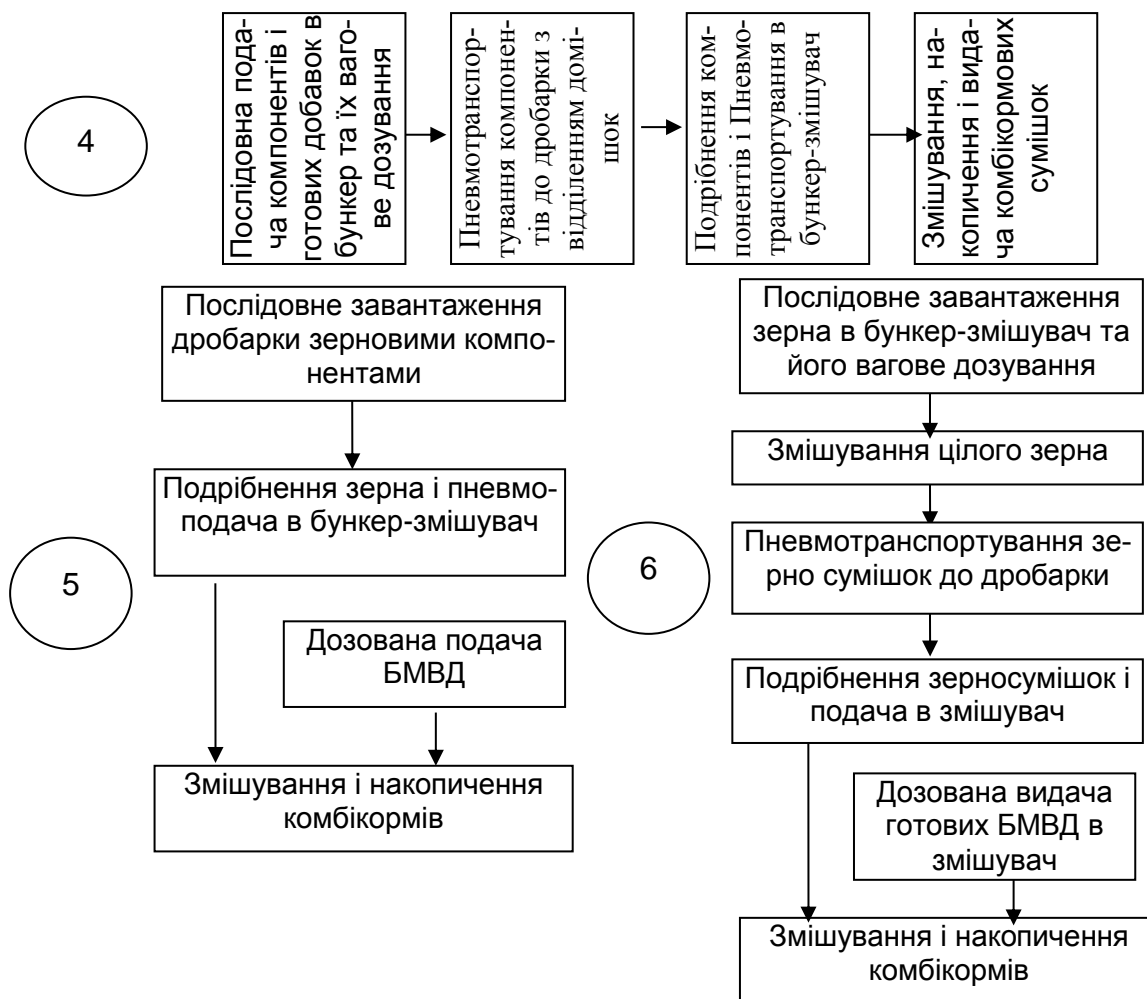


Рис. 1. Структура типових схем роботи комбікормових агрегатів: 1 – із змішуванням при транспортуванні і подрібненні; 2 – із змішуванням при подрібненні; 3 – із змішуванням при подрібненні і транспортуванні; 4 – із змішуванням в дробарці та вертикально-шнековому змішувачі; 5 – із разовим змішуванням в вертикально-шнековому змішувачі; 6 – потрійне змішування (цілого зерна, одночасно з подрібненням зерна та при додатковому змішуванні з макрота мікродобавками).

Друга схема приготування була розрахована на виробництво простих комбікормів-концентратів, збагачених готовими добавками. За цією схемою були розроблені декілька експериментальних зразків агрегатів, наприклад КН-5. Так як змішування відбувалось лише при подрібненні компонентів в потоці, то однорідність одержаного продукту була невисокою, при значній продуктивності технологічної лінії – 4–5 т/год.

Третя структура операцій передбачала використання закуплених БМВД як окремого компонента сумішки при об'ємному дозуванні в дробарку, куди також вносились потоки різних видів зернових ку-

льтур та змішування їх в потоці при подрібненні і наступному транспортуванні в бункер готової продукції. Із агрегатів, що працюють за цим принципом і були широко розповсюджені в господарствах України слід назвати установку комбікормову УМК-Ф-2 (ВАТ «Уманьфермаш»), продуктивністю 2–2,5 т/год. Щодо оцінки ступеня змішування компонентів і особливо розподілу в загальній масі компонентів мікродобавок, то слід вказати на велику неоднорідність розподілу і низьку однорідність одержаної сумішки комбікорму.

Четверта схема приготування комбікормів також базується на використанні готових БВМД як окремого компоненту сумішки, але на відміну від попередніх схем передбачається проведення вагового дозування кожного з компонентів в приймальний бункер з якого вони транспортуються потоком повітря до дробарки, а після подрібнення, за допомогою цієї ж дробарки, подаються до вертикального шнекового змішувача. Позитивним елементом є комплексне виконання процесів подачі матеріалу і подрібнення одним технічним засобом – дробаркою-вентилятором. Порційний спосіб змішування покращує однорідність сумішки в порівнянні із змішуванням в потоці, але не перевищує 87–91%, що недостатньо для якості комбікорму, обумовленої зоотехнічними вимогами. За цією схемою працюють агрегати СФГ «Астра» (ТОВ «Марол Україна» м. Нетішин, Хмельницької обл.), Zuptor (АТ «Успіх – Східна Україна»), Doza mech (ООО «Дозамех Україна», м. Одеса).

Дещо аналогічно побудований процес приготування комбікормових сумішок в умовах ферм за п'ятою схемою, але на відміну від попередньої готові БВМД вводяться в вертикально-шнековий змішувач на кінцевому етапі – після заповнення його зерновими компонентами від дробарки. В деяких конструкціях агрегатів передбачена окрема дробарка для подрібнення кускових чи злежаних компонентів мінеральних і білкових добавок. За таким принципом працюють агрегати «Комбі-Мікс», «Авіла-Факел», ПАТ «Новоград-Волинськсільмаш» (комплект обладнання МКУ-1 та БМК-1). В останньому агрегаті також передбачене вагове дозування введених компонентів. На основі аналізу матеріалів по підготовці компонентів комбікормів до згодовування, раціонального складу раціонів, наукового та патентного пошуків тенденцій розвитку комбікормових технологій, що базуються на використанні зернових матеріалів власного виробництва та закуплених сумішок БВМД, а також існуючих технічних рішень машин, що використовуються на комбікормових об'єктах, з одного боку, та зважаючи на неможливість одержання комбікорму належної однорідності змішування при застосуванні попередньо наведених схем, була обґрунтована послідовність виконання технологічних операцій та запропонована компоновочна схе-

ма фермського комбікормового комплексу обладнання представлена позицією 6 (рис. 1).

Особливістю запропонованої схеми комбікормового агрегату, направленої на підвищення однорідності продукту, є наявність потрійного змішування компонентів: на стадії початкового змішування не подрібнених зернових компонентів, на стадії їх сумісного подрібнення молотковою дробаркою та на стадії кінцевого змішування подрібненої зернової маси з готовими БВМД в вертикально-шнековому змішувачі. Схема передбачає застосування вагового дозування компонентів комбікормової сумішки. Така послідовність змішування компонентів, коли вони мають різні фрикційні властивості, дозволить більш рівномірно розподілити часточки кожної речовини в загальному об'єму кормової маси. Проблема виробництва комбікормової сумішки в господарствах, яка має найвищу потенційну кормову цінність, завжди упиралась в відповідність одержаного продукту обумовленому стандартом раціону для певної віко-видової групи тварин, та здатність досягти необхідної однорідності сумішки. В умовах промислових комбікормових підприємств, де обсяг виробництва значний, це можна виконувати шляхом застосування багатоступінчатих технологій та складного комплексу машин. В умовах господарств така задача обмежується як труднощами придбання і зберігання в належних умовах значної різновидності готових БВМД, так і недосконалістю спрощених технічних засобів для виробництва сумішок добавок та змішування компонентів до ступеня одержання необхідної їх однорідності. Однією із спроб застосувати спрощену технологію та створити комплект обладнання була розробка комплектів ОЦК-4 та ОЦК-8, які склались з окремих блоків; розмелювально-змішувального, приготування БВД, мінеральних добавок, рідких добавок та гранулювання. Але складність вибраного напряму вирішення цього питання не сприяли широкому застосуванню вказаного обладнання. Характерною трудностю виробництва повноцінних комбікормових добавок є те, що при вимогах точного розподілу кожного з компонентів в загальній сумішці комбікорму співвідношення їх вмісту дуже відрізняється. Так по відношенню до зернових компонентів чи білкової добавки наявність мінеральних компонентів на порядок менша, а преміксів менша на два-три порядки. Тому пропонується готувати комбікорм постадійно з ретельним перемішуванням.

Одним з таких рішень є подана на рис. 2. технологія виробництва комбікорму з приготуванням повноцінної сумішки білково-вітамінно-мінеральної добавки.

Першою групою операцій є підготовка зернових компонентів. Вона включає доставку до місця переробки фуражного зерна, яке може розміщуватись на зерноскладі, або в приміщенні кормоцеху;

облік, приймання і накопичення зернових компонентів та очищення сировини від крупних сторонніх включень, феромагнітних домішок, піску. Очищене зерно кожного компоненту в віддозованій кількості згідно прийнятого раціону та обсягу разової дози приготування послідовно або одночасно подається на подрібнення.

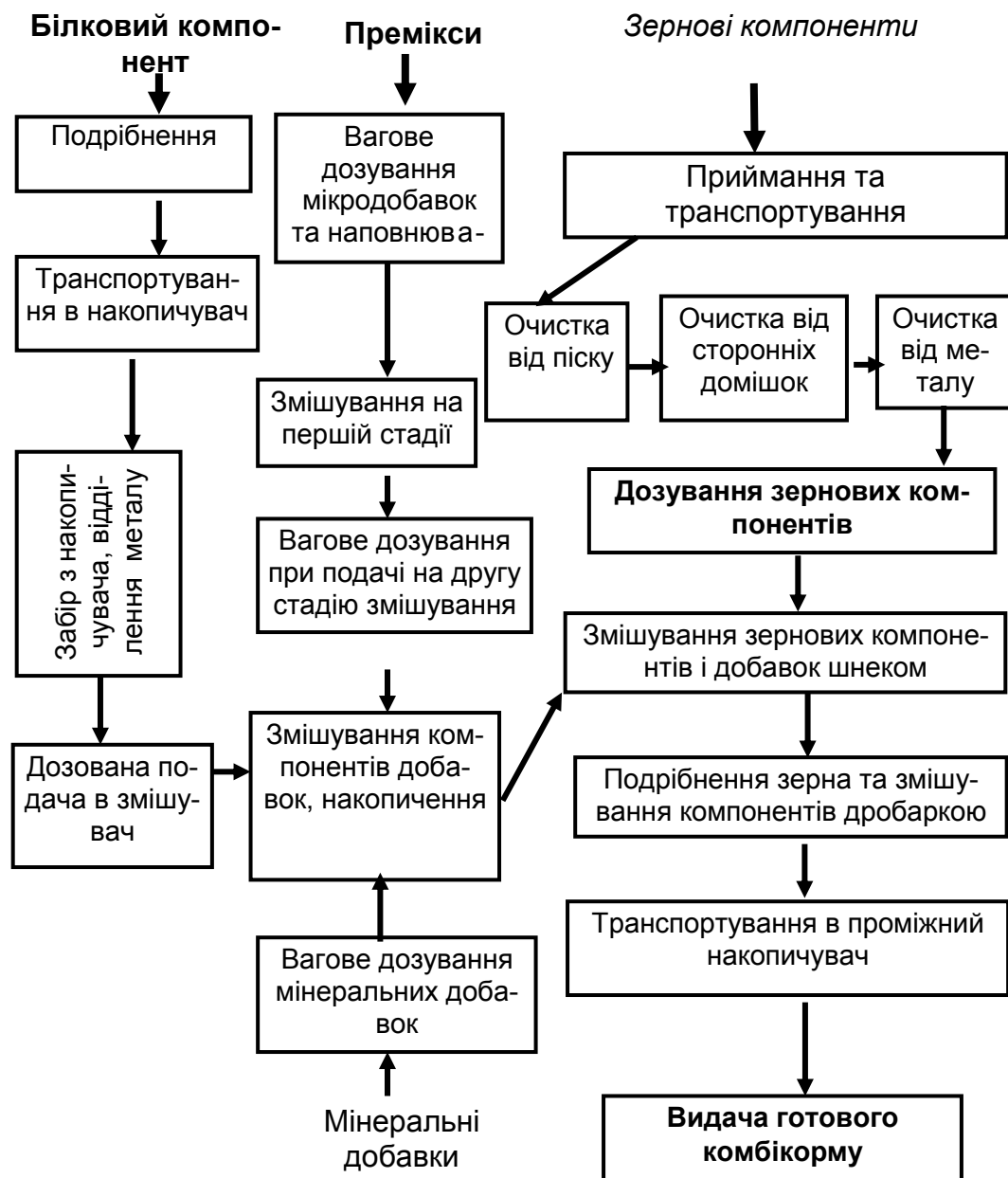


Рис. 2. Технологічні операції виробництва збалансованих комбікормів.

При одночасній видачі зернових компонентів із накопичувачів до дробарки доцільно транспортувати зернові потоки шнековим конвеєром, який одночасно може також дозмішувати зернові компоненти. При цьому як один з компонентів може в шнек подаватись сумішка БВМД, що готується окремою технологічною лінією. Грубо змішані

компоненти сировини шнеком видаються в зернову дробарку. Під час подрібнення сумішки дробарка супутньо виконує подальше змішування складових в межах маси порції, яка одночасно знаходиться в камері подрібнення. В подальшому від дробарки сумішка комбікорму направляється в проміжний накопичувач, звідки може видаватись в необхідній кількості для годівлі тварин.

Білково-вітамінно-мінеральні добавки готуються на базі білкового компоненту (висівки, жмих, шроти, соя, горох), що поставляється в шматковому стані і кількість якого в сумішці БВМД перевищує всі інші складові – премікси, вітаміни та мінеральні корми. Білковий компонент спочатку подрібнюється до розміру 1-3 мм, очищається від металевих домішок і подається в накопичувач. В міру необхідності з накопичувача білковий компонент дозується, як правило за об'ємом, і завантажується до місткості приготування сумішки БВМД. Зважаючи на більшу кількість білкового компоненту він подається в камеру змішувача першим. Премікси вводяться до складу комбікормів в невеликій кількості і потребують ретельного змішування в загальній масі комбікорму. Тому для їх дозування необхідно застосовувати вагове дозування та двостадійне змішування: спочатку в обсягу сукупності всіх преміксів, потім одержана сумішка дозується і в певній кількості за вагою подається на змішування з білковим компонентом та мінеральними кормами. Для мінеральних добавок також застосовується вагове дозування. Одержана сумішка БВМД вводиться до складу зернової частини комбікорму як окремий компонент.

Експлуатаційні показники комбікормових агрегатів наведено в табл. 1. Як видно з технічних характеристик агрегатів, всі вони здатні повністю задовольнити потреби тваринницької ферми господарства в комбікормах власного виробництва, а основним показником, який характеризує економічну ефективність застосування агрегатів, є прямі експлуатаційні витрати на виробництво однієї одиниці продукції та якість приготування збалансованих комбікормів.

В навчально-дослідних господарствах ВП НУБіП України було встановлені стаціонарні кормоприготувальні агрегати, які працюють за різними технологічними схемами. У ВП НУБіП України «Великоснітинське НДГ ім. О.В. Музиченка» працює обладнання Н-119 Doza mesh (ООО «Дозамех Україна», м. Одеса), продуктивністю 2 т/год. Обладнання забезпечує приготування комбікормів з використанням власної зернової основи та використання макродобавок (5–7% компоненту за раціоном) та готових БВМД (з вмістом активних компонентів від 3 до 5 %). ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» працює обладнання МКУ-1/БКМ-1 (ПАТ «Новоград-Волинськсільмаш») забезпечує приготування комбікормів з використанням власної зернової основи та використання макродобавок (3–

7% компоненту за раціоном) та концентратів з БМВД (з вмістом активних компонентів від 10 до 20 %), використання попереднього змішувача для блендів на 8–12 л, дозволить використовувати бленди з більшою концентрацією активної речовини у сумішках.

1. Характерні особливості фермських комбікормових агрегатів, що випускаються на Україні.

Показники	Комбі Мікс	АWF-1	МКУ-1/БКМ-1	Н-119/3 Doza mech	УМК-Ф-2
Продуктивність, т/год.	0,5	до 1,0	1-1,2	1,5 –2,0	2,5
Спосіб приготування сумішок	роздільне подрібнення і змішування	роздільне подрібнення і змішування зерна	пневматичне завантаження, подрібнення зерна, змішування	пневматичне завантаження, подрібнення зерна, змішування	подача всіх компонентів в дробарку змішування
Спосіб дозування компонентів	ваговий порційний	ваговий порційний	ваговий	ваговий	об'ємний потоковий
Робочий орган дозатора	ваги	ваги	пнемо-система	пнемо-система	шнеки
Тип змішувача	одно стадійне, порційний, вертикально-шнековий	одно стадійне, порційний, вертикально-шнековий	двостадійне порційний, вертикально-шнековий	одно стадійне, порційний, вертикально-шнековий	одно стадійне, вертикально-шнековий, потоковий
Місткість змішувача, м ³	0,27	1,0	1,0	3,0	
Сумарна потужність, кВт	7,0	9,7	13,2	20,7	25
Габаритні розміри, мм					
довжина	1800	2500	–	–	12000
ширина	1600	2250	1100	1650	5800
висота	1000	1500	2100	2750	7600
Загальна маса, кг	250	750	545	–	3800

Кормоприготувальний агрегат розміщено на території тваринницької ферми. Віддаль до споживача комбікорму від 100 до 300 м. Схему розміщення обладнання та загальний вид агрегату показано на рис. 3.

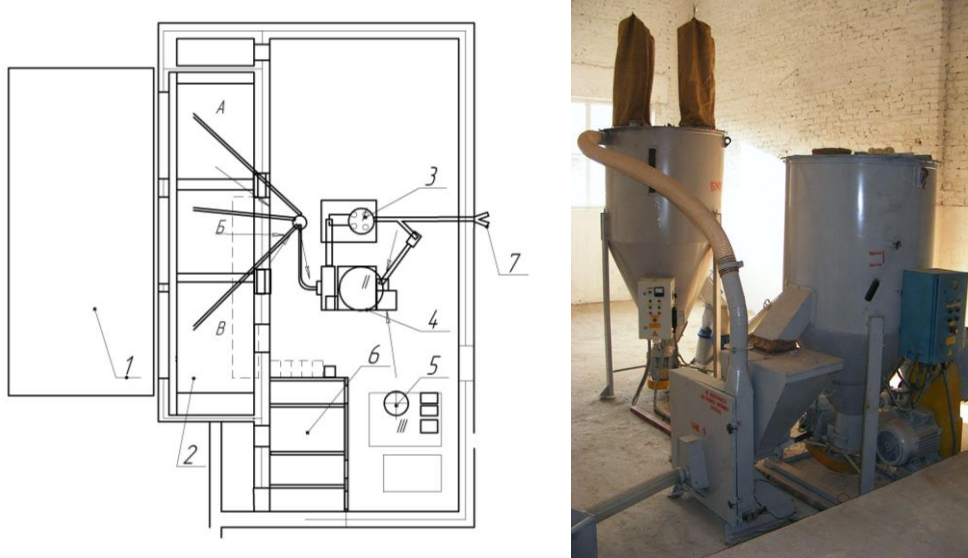


Рис. 3. Ситуаційний проект розміщення обладнання комбікормового агрегату та загальний його вид: 1 – під'їзний майданчик; 2 – накопичувачі зернових компонентів (3–5 м³); 3 – основний змішувач (1,2 м³); 4 – змішувач добавок (0,2 м³); 5 – змішувач блендів (0,01 м³); накопичувачі добавок; 7 – готовий комбікорм.

Оцінка техніко-економічних показників комбікормових агрегатів [10, 11] в умовах тваринницької ферми на прикладі ВП НУБіП України навчально-дослідних господарств показав збільшення виробництва молока на 25–28 %, економію затрат праці на 10–12%, зменшення собівартості продукції на 3–5%.

Висновок. За такою технологією на комбікормовому обладнанні можуть готуватись комбікорми як для ВРХ, так і для свиноголів'я. Використання БМВД добавок (макро- та мікродобавок) забезпечують кормосуміши збалансованими комбікормами для годівлі тварин різних технологічних груп за сучасними технологіями. Якість свіжеприготовлених комбікормів зменшує затрати на зберігання готових кормів та покращує їх згодованість тваринам.

Список літератури

1. Лобановський Г.А. Технологія виробництва комбікормів / Г.А. Лобановський. – К.: Урожай, 1973. – 136 с.
2. Ревенко І.І. Комплексна оцінка варіантів приготування комбінованих кормів / І.І. Ревенко, Ю.І. Ревенко // Техніка АПК. – 2000. – № 11-12. – С. 25–27.
3. Сорокін В.М. Аналіз фундаментальних схем приготування комбікормів в умовах господарств і перспективні напрямки їх вдосконалення / В.М. Сорокін // Віс-

ник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – Львів, 2008. – №12. – С. 228–234.

4. *Костенко В.І.* Перспективи використання комбінованого кормоприготувального агрегату для великої рогатої худоби / *Костенко В.І., Заболотько О.О., Хмельовський В.С.* // Вісник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – Львів, 2008. – №12. – С. 235–238.

5. *Календрузь І.* Застосування мобільних комбікормових агрегатів за рубежом – ефективно, практично, сучасно / *І. Календрузь, Л. Філоненко* // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – Вип. 13. – С. 277–283.

6. *Карпенко М.* Мінікомплекс кормоприготувальної техніки / *М. Карпенко* // Агробизнес Украина. – 2004. – №6. – С. 34–36.

7. *Фіялка М.Д.* Дослідження кінетики перерозподілу частинок кормів у перехідній зоні решета подрібнювача-змішувача роторного типу / *М.Д. Фіялка* // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ"ІМЕСГ", 2006. – Вип. 90. – С. 344–349.

8. *Рожківський М.Ф.* Розробка наукових основ, створення і впровадження прогресивних технологій та комплексу машин нового покоління / *М.Ф. Рожківський* // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ"ІМЕСГ", 2006. – Вип. 90. – С. 324–338.

9. *Іваничко О.* Застосування машин вітчизняного виробництва в процесі виготовлення концентрованих кормів у малих господарствах / *О. Іваничко* // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – Вип. 13. – С. 291–297.

10. *ГОСТ 24055-88.* Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. Общие положения. – Введ. 1989-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 47 с.

11. *Правила організації і ведення технологічного процесу виробництва комбікормової продукції:* затв. М-вом агропромислового комплексу України 20.03.98 : чинні від 01.07.98. – К.: ВІПОЛ, 1998. – 220 с.

Анализируются технологические схемы приготовления комбикормовых смесей фермських комбикормовыми агрегатами, рассчитанными на использование зерна собственного производства и закупленных макро- микродобавок добавок. Указанная несоответствие применяемых схем получению смесей необходимой однородности. Предложенная технологическая схема, основанная на проведении трехстадийном смешивания.

Концентрированные корма, сбалансированные комбикорма, технологические схемы, основные операции, подготовительно-заключительные операции, стадии смешивания, животные.

There are analyzed mechnological schemes analyzed the mixed feed preparation fermsskymy feed units, designed for use grains of own production and purchased macro- and microfodder supplements. The

above discrepancy used the mixed scheme of required homogeneity. The technological scheme based on conducting three-stage mixing.

Concentrated feed, balanced fodder, technological scheme, basic operations, preparatory and final operations, phase mixing, animal.

УДК 636.064.74/2

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ГОДІВЛІ ВРХ

***В.І. Костенко, доктор сільськогосподарських наук
О.О. Заболотько, В.С. Хмельовський, кандидати технічних наук***

Аналізуються технологічні схеми засобів для приготування кормових сумішок комбінованими транспортно-технологічними засобами (КТТЗ або «міксер»), розрахованими на використання кормів власного виробництва. Визначена ефективність використання КТТЗ марок “Trioliet” (стаціонарне використання + електродвигун – 30 кВт) та “Storti” (прицепний КТТЗ + трактор МТЗ).

Приготування кормосумішок, збалансовані корми, технологічні схеми, основні операції, підготовчо-заклучні операції, стадії завантаження, змішування, корови, ефективність.

Постановка проблеми. Розвиток тваринництва і підвищення його рентабельності можливі лише за умови наявності в господарстві достатньої кількості високоякісних і, до того ж, дешевих кормів.

На даний час у країнах з розвинутим скотарством основним способом утримання корів є безприв'язний (більш ніж 95 % ферм). За даного способу є можливість використовувати найсучасні способи приготування і роздавання кормів та сучасну високопродуктивну доїльну техніку, що дозволяє зменшувати затрати праці на виробництво 1 ц. молока до 0,6–2,0 люд/год.

В Україні, поки що, переважає прив'язний спосіб утримання. Проте в останні роки ситуація почала дещо змінюватися. Певна кількість господарств проводить реконструкцію або будує нові корівники запроваджуючи ефективну безприв'язну систему утримання. Разом з тим на багатьох фермах існує прив'язна система та її різновидності комбінована. Зменшення поголів'я корів в господарствах, зміна обсягу виробництва кормів призвело до відмов використання стаціонарних кормоцехів серії КОРК, із-за високих енерговитрат.

© В.І. Костенко, О.О. Заболотько, В.С. Хмельовський, 2015

Спрощені схеми приготування кормів та роздавання кормів комороздавачами КТУ-10 не забезпечує якості годівлі високопродуктивних корів, що вимагає вирішення та дослідження даного питання.

Аналіз останніх досліджень. Питанням визначення ефективності впровадження технології приготування й роздавання кормів на фермах ВРХ і технічного рівня кормозмішувачів-роздавачів приділяють останнім часом значну увагу. Проблеми приготування кормосумішок для корів у господарствах з різним поголів'ям тварин привертали увагу багатьох вчених [1–4].

Метою досліджень є аналіз технологічних схем та обґрунтування напряму виробництва кормосумішок технічними засобами на базі КТТЗ на прикладі стаціонарного і мобільного виконання. Провести оцінку експлуатаційної ефективності на прикладі ВП НУБіП України навчально-дослідних господарств.

Результати досліджень. Механізації кормоприготування й нормованого роздавання кормів є надто важливою. Зниження питомих витрат кормів і підвищення продуктивності забезпечуються тільки на основі приготування збалансованих однорідних сумішей і їхнього нормованого видавання з урахуванням продуктивності тварин. При цьому слід забезпечити ефективність виробництва продукції - зниження затрат праці, засобів і енергії на приготування кормових сумішей та нормованого видавання в годівниці. Зниження питомих витрат кормів і підвищення продуктивності забезпечуються тільки на основі приготування збалансованих однорідних сумішей.

У країнах Західної Європи КТТЗ є основною групою машин для приготування та роздавання кормів. Їх широке застосування зумовлене як перевагами годівлі кормосумішами, так і досконалою конструкцією машин, які забезпечують операції навантаження, подрібнення, змішування та роздавання кормів з мінімальними затратами праці. В Україні такі машини поки що виготовляють недостатній кількості, але на ринку з'явився широкий вибір КТТЗ іноземного виробництва. Ця техніка представлена такими провідними фірмами, як: Kuhn (Франція), Trioliet (Нідерланди, філіал в Росії), DeLaval (Швеція), Seko та Storti (Італія), Roto-mix (США) тощо. Таку техніку за останні п'ять-шість років дедалі ширше впроваджують у господарствах України. На сьогодні на фермах ВРХ працює понад 150 кормозмішувачів-роздавачів. Використання цієї техніки, якщо порівняти з традиційною технологією, дає змогу значно зменшити витрати праці та питому метало- і енергоємність однієї тони приготованої й розданої на фермі кормосуміші. КТТЗ виконують функції "кормоцехів на колесах" (кормозмішувачі-роздавачі) різняться великими різновидами типів і моделей. КТТЗ виробляють причіпними та самохідними, з пристроями для самонавантаження та без них. Їх змішувальні робочі

органи можуть бути горизонтальними і вертикальними, завантажувальні – фрезерними або грейферними. Місткість різних моделей кормозмішувачів-роздавачів – від 5 до 45 м³, потужність – від 48 до 275 к.с. Кожний тип цих машин, за використання в різних умовах, має свої переваги та недоліки. Типу робочих органів (доподрібнюючо-змішувальних шнеків). Розташування осі шнека – горизонтальне або вертикальне – робить істотний вплив на якість приготовленої кормосуміші та термін експлуатації самого змішувача. Оцінка ефективності їх використання за технічними ознаками:

1. Подрібнювачі з двома горизонтальним шнеками забезпечують одночасну роздачу корму на дві сторони на відміну від вертикальних, здатних роздавати кормову суміш або на одну або на іншу сторону по черзі. Тому використання горизонтальних кормороздавачів з роздачею на дві сторони одночасно забезпечує зниження затрат технологічного часу та ПММ.

2. Ступінь подрібнення довговолокнустих кормів у вертикальних змішувачів обмежена конструктивними особливостями роздавача і не залежить від тривалості подрібнення, що може не відповідати зоотехнічним вимогам щодо довжини фракції кормової суміші. Кількість шнеків при вертикальній конструкції роздавача-змішувача не впливає на ступінь доподрібнення.

3. Принцип змішування «вулкан» у змішувачів-роздавачів з вертикальною конструкцією шнеків визначає необхідність дотримуватися черговість завантаження сипучих компонентів. В іншому випадку, є ймовірність осідання сипких компонентів на дні і поверхні шнека, що призводить до нерівномірного змішуванню кормів та їх перевитрати при роздаванні.

4. Наявність додаткового гідроприводу, передачі у подрібнювачів-змішувачів з вертикальними шнеками вимагає застосування тракторів підвищеної потужності, що призводить до подорожчання процесу годування, в порівнянні з роздавальниками з горизонтальним розташуванням шнеків, які можуть агрегатуватися тракторами класу 1.4 (МТЗ-80/82). Даний недолік усувається за рахунок установки додаткового понижуючого редуктора, що неминуче призводить до подорожчання КТТЗ та зниження ефективності засобу.

5. Подрібнювачі-роздавачі з вертикальним шнеком можуть не забезпечувати необхідну рівномірність роздачі кормів при індивідуальному утриманні, тому, більш прийнятні для годування ВРХ при безприв'язному утриманні стада.

Особлива увага приділяють реконструкції приміщень для утримання корів. Це стосується розмірам заїзних воріт, висоти приміщення, типу годівниці, кормового проходу, будови передньої частини стійла.

Розміри мобільного агрегату визначають габаритні розміри приміщення, вирішення питання є оптимізація по затратам на виконання будівельних робіт з реконструкції (за застарілими проектно-технологічними рішеннями) або вибір КТТЗ з врахуванням проектно-технологічних рішень приміщення корівника. В разі значних будівельних робіт при реконструкції приміщень корівника (низька стеля, балки перекриття) такі засоби використовують як стаціонарні тільки для приготування кормосуміші з дальшим вивантаженням корму в мобільні кормороздавачі типу КТУ-10А. Така технологія значно знижує ефективність використання даної техніки.

Однією із умов для застосування безприв'язного утримання є відмова використання жолобкових годівниць, обслуговування яких вимагає великих затрат праці та габаритними параметрами висоти елеватора для роздавання кормів КТТЗ (не більше 0,5 м.). Оптимальним варіантом місця для згодовування об'ємистих кормів є застосування кормових столів.

Кормовий стіл – спеціально обладнане уздовж лінії годівлі розміщення худоби рівне покриття шириною до від 3,6 метрів з переднім обмежуючим бордюром для розміщення і згодовування кормів. Такі розміри кормового столу дозволяють накопичувати на ньому добову норму напівсухих кормосумішок для згодовування худобі. Друга умова полягає у тому, що корми згодовують худобі у вигляді напівсухих або напіввологих кормосумішок.

Кормосумішки це, по-перше, згодовуванні кормів за умов безприв'язного утримання тварин „вищого рангу” не мають змоги поїдати лише кращі корми; по-друге, корми, що надходять до органів перетравлення у вигляді кормосумішки краще перетравлюються і мають вищий коефіцієнт віддачі; по-третє, це дозволяє використовувати в суміші додатково корми як високої, так і дещо гіршої якості.

Залежно від компоновки КТТЗ може виконувати операції з навантаження, подрібнення, змішування та роздавання кормів і може бути причіпним або самохідним. Ретельно проаналізувавши схеми приготування кормової суміші такими КТТЗ для їх оптимальної роботи необхідно щоб:

- сховища з кормовими компонентами знаходились відносно близько одне від одного та в цілому від тваринницьких приміщень;
- усі дороги на території тваринницької ферми повинні бути рівні та з твердим покриттям (що зумовлено низькою базою агрегатів);
- залежно від комплектації необхідно залучати додаткові навантажувальні засоби;
- відповідно до обслуговуваного поголів'я потрібно узгоджувати об'єм бункера агрегату (виходячи з умови, що 1 м³ суміші можна нагодувати 17–29 корів залежно від кратності годівлі).

Технологічна схема приготування кормосумішок причіпними та стаціонарним засобами складається з самого засобу, для навантаження компонентів кормосуміші використовуються універсальні навантажувачі типу СНУ-0,5, ПФ-0,5, ПЕ-1 «Карпатець», ПФ-0,8 «Євроборекс», для транспортування і роздавання кормової суміші та кормів роздавачі РММ-5, КТУ-10 або причіпний КТТЗ та мобільний засіб.

Таким чином для МТТЗ об'ємом бункера у 8–10 м³ може забезпечити 400–500 корів відповідно до зоотехнічних вимог, коли тривалість роздавання кормів не більше 1,5–2,0 год.

Описану технологію з використанням стаціонарно розміщеного «міксер» – “Trioliet” (стаціонарне використання + електродвигун – 30 кВт) втілено у життя в навчально-дослідному господарстві «Великоснітинське» ім. О.В. Музиченька ВП НУБіП України (рис. 1).

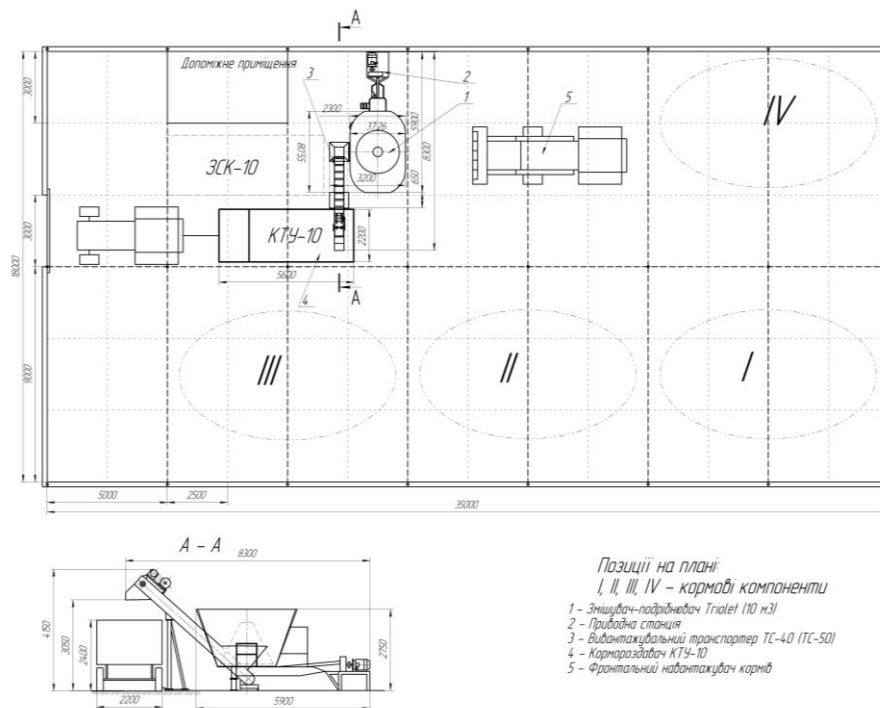


Рис. 1. Технологічна схема кормоприготувального пункту.

Навантажувальне обладнання для трактора: МТЗ-80/82/892 використовувати навантажувач ПКУ-0,8Б з швидкознімача та набору обладнання ковша (об'ємом 0,8, 0,92 або 1,5 м³), пристосування для завантаження силосу типу „Алігатор”; МТЗ-1221 використовувати навантажувач ПБМ-1200 та відповідно робочі органи до нього.

Технологічна схема приготування кормосумішок причіпним КТТЗ та мобільний засіб МТЗ 922.3 застосовується у ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», подано на рис. 2. Нами проведено аналіз виробничого використання вище вказаних МТТЗ визна-

чено показники якості виконання технологічного процесу, ергономічні характеристики машин, експлуатаційно-технологічні, економічні показники. Визначення прямих експлуатаційних затрат на виробництво однієї тони продукції проводилось згідно з ГОСТ 4397:2005. Вихідними даними для даного показника є вартість машини, її продуктивність, оплата праці оператора, затрати на електроенергію, реновацію, технічне обслуговування і ремонт, а також рівень річного завантаження машини. Одержані дані економічної оцінки є дещо умовними, оскільки можуть суттєво відрізнятись в різних господарствах в залежності від інтенсивності роботи обслуговуючого персоналу, зручності і обладнаності робочого місця, тобто від продуктивності за змінним часом. Результати виробничої перевірки показано на графічній залежності рис. 3.



Рис. 2. Загальний вигляд агрегату МТТЗ “Storti” та мобільний засіб – трактор МТЗ 922.3.

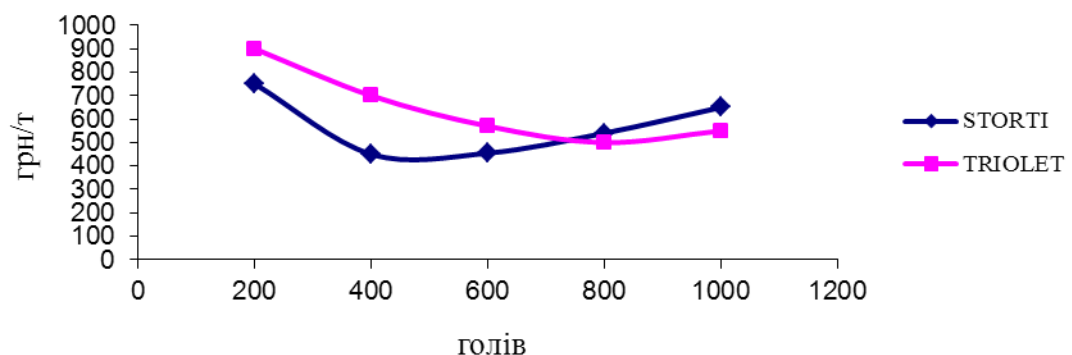


Рис. 3. Графік прямих експлуатаційних затрат на виробництво однієї тони кормосумішок для корів.

Висновок. Отже, як видно з графічних залежностей, для обслуговування поголів'я 400–600 голів, рекомендується МТТЗ в складі

«міксер» 8 м³ та мобільного засобу. Для поголів'я 600–1000 голів можна застосувати стаціонарний варіант МТТЗ та набору засобів.

Список літератури

1. *Бабич А.А.* Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства, хранения и использования кормов / *А.А. Бабич, Д.К. Моторный* ; под ред. М.В. Зубца. – К.: Урожай, 1986. – 104 с.
2. *Милев А.Д.* Универсальные средства для подготовки и раздачи кормов на фермах КРС / *А.Д. Милев* // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1999. – №4. – С. 11–13.
3. *Палкін Г.* Сучасні мобільні кормороздавачі-змішувачі для годівлі худоби кормосумішами / *Г. Палкін* // Пропозиція. – 2000. – № 4. – С. 88–91.
4. *Погорілий Л.* Сучасна техніка для приготування та роздавання кормів на фермах ВРХ / *Погорілий Л., Ясенецький В., Лінник М.* // Техніка АПК. – 1999. – №4. – С. 31–33.
5. *Ревенко І.І.* Ресурсозберігаючі принципи виробництва продукції тваринництва / *І.І. Ревенко* // Вісник аграрної науки. – 1998. – № 4. – С. 71–73.
6. *Ясенецький В.А.* Зниження енергозатрат у тваринництві і кормовиробництві / *Ясенецький В.А., Єрмоленко В.О., Гарькавий А.О.* – К.: Урожай, 1989. – 136 с.
7. *Костенко В.І.* Перспективи використання комбінованого кормоприготувально-агрегату для великої рогатої худоби / *Костенко В.І., Заболотько О.О., Хмельовський В.С.* // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – 2008. – №12. – С. 235–238.
8. *Ревенко І.І.* Комбіновані транспортно-технологічні засоби у тваринництві Національний проект «Відроджене скотарство» / *І.І. Ревенко, В.В. Тимків.* – К.: ДІА, 2011. – 44 с.
9. *Смоляр В.* Національний проект «Відроджене скотарство» і важелі його реалізації: конкретні рішення колегії Мінагрополітики України / *В. Смоляр* // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 10. – С. 4–5.
10. *Смоляр В.* Фермський комбайн – універсальний технічний засіб / *В. Смоляр, С. Постельга, Л. Кириченко, Ю. Калітинський* // Техніка АПК. – 2007. – № 10. – С. 34–35.
11. *Гермезов Д.* Применение кормораздатчиков-смесителей – залог повышения продуктивности рогатого скота / *Д. Гермезов, В. Шейченко* // Техника АПК. – 2006. – №4. – С. 16–18.

Анализируются технологические схемы средств для приготовления кормовых смесей комбинированными транспортно-технологическими средствами (КТТЗ или «миксер»), рассчитанными на использование кормов собственного производства. Определена эффективность использования КТТЗ марок "Trioliet" (стаціонарне використання + електродвигатель – 30 кВт) и "STORTI" (прицепные КТТЗ + МТЗ).

Приготовление кормосмесей, сбалансированные корма, технологические схемы, основные операции, подготовительно-заключительные операции, стадии загрузки, смешивания, коровы, эффективность.

Analyzes technological schemes means for preparing the mixed feed combined transport and technological means (KTTZ or "mixer"), designed for use of feeds its own production. Determined efficiency KTTZ marks "Trioliet" (stationary use + electric motor - 30 kW) and "Storti" (prytsepnyy KTTZ tractor MTZ).

Preparation of feed mixes, balanced feed, flow diagrams, basic operations, preparatory and concluding operations, transactions under loading, mixing, cow, efficiency.

УДК 631.3.02:621.791.92

ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

***М.І. Денисенко, кандидат технічних наук,
А.С. Опальчук, доктор технічних наук***

Розглянуто структурно-енергетичний підхід до забезпечення довговічності сільськогосподарських машин. Запропоновано автором оптимальні параметри точкового зміцнення, виготовлення деталей з композиційних матеріалів призводять до значного зменшення інтенсивності спрацювання деталей та вузлів сільськогосподарських машин в процесі їх технічної експлуатації.

***Довговічність, абразивне зношування, ефект самозаго-
стрування, лезо леміша, лапа культиватора, молоток кор-
модробарки, композиційні матеріали, точкове зміцнення.***

Постановка проблеми. До деталей машин, що спрацьовують-ся при терті в масі твердих частинок, відносяться багато численна група деталей робочих органів та інструментів сільськогосподарських, будівельних, дорожніх машин. При контактуванні деталей машин з масою рухомих твердих частинок відбувається інтенсивне зруйнування поверхневого шару, внаслідок чого терміни їх служби складають декілька годин.

Аналіз останніх досліджень. В агропромисловому комплексі процеси абразивного зношування широко розповсюджені. Дійсно, за оцінками спеціалістів більше 50% випадків спрацювання обумовлено абразивними механізмами [1]. Неминучість стикання деталей машин з заданим середовищем виключає можливість суттєвого покращення зовнішніх умов тертя.

© М.І. Денисенко, А.С. Опальчук, 2015

Зносостійкість матеріалів та управління процесами зміни форми деталей при спрацюванні є основними факторами, що визначають строк служби деталей в цих умовах. В сільськогосподарських машинах такими деталями є леміші плугів, лапи культиваторів, ножі фрезерних машин і подрібнювачів кормів, сегменти ріжучих апаратів косарок, ріжучі пари машинок для стрижки овець. Порівняно невеликий термін служби цих деталей визиває необхідність великої кількості їх в якості запасних машин та суттєво знижує продуктивність машин. Міжремонтний термін служби деталей робочих органів сільськогосподарських машин рахується не роками і місяцями, а годинами.

Так, наприклад, граничне спрацювання ріжучих пар стригальних машинок відбувається через 1,5-2 год. безперервної роботи, сегментів косарок-через 4-6 год., лап культиваторів через 6-8 год., після чого в польових умовах необхідно здійснювати заточування лез. Підвищення довговічності деталей та вузлів сільськогосподарських машин керуванням їх технічним станом є перспективним напрямком сучасного сільськогосподарського машинобудування, технічної експлуатації і технічного обслуговування.

Мета досліджень – обґрунтування методів і технологій зміцнення та відновлення робочих органів сільськогосподарських машин в умовах абразивного руйнування.

Результати досліджень. Основною метою при технічній експлуатації машин є розширення діапазону нормального тертя та зношування і оптимізація параметрів якості поверхні, тертя та зношування в цьому діапазоні, а при технологічних операціях обробки-збільшення продуктивності обробки при забезпеченні високої якості поверхні і нормальної роботи інструментів. Динамічна рівновага процесів в парах тертя та оптимізація утворення вторинних захисних структур здійснюється узгодженням швидкостей процесів активації та пасивування, і забезпеченням максимальних властивостей міцності цих структур. Це досягається шляхом зміни складу і концентрації робочого середовища, спеціальним легуванням матеріалів, раціональним сполученням матеріалів в парах тертя, зміною температури зони тертя, вибором методів і технологій зміцнення, відновлення і модифікації поверхонь тертя.

Складність процесів, що утворюються при терті та зношуванні, потребує для їх вивчення використання комплексної методики, і дослідження складних механохімічних процесів на макро-, мікро-, субмікрорівнях [2]. Ідея цієї методики заключається в наступному: вивчають складні процеси на поверхні контакту, відтворюють їх в лабораторних умовах, а потім узагальнюють результати досліджень та перевіряємо висновки в виробничих умовах експлуатації. В лабораторних умовах відтворювали процес механохімічної форми абра-

живного зношування, що утворюється в умовах експлуатації вузлів тертя машин. Дослідження впливу окремих факторів на закономірності його розвитку здійснювалося диференційовано при сталому значенні інших факторів. На основі комплексної методики можливо дослідженні структури та властивостей поверхневих шарів матеріалів трибосистем, починаючи з візуальної оцінки до використання металознавства і методів експериментальної фізики.

Такий аналіз дозволяє порівняти параметри гетерогенності матеріалу з енергетичними характеристиками процесу механохімічного зношування і складними процесами, що протікають на поверхні контакту, а також проаналізувати ці процеси на основі структурно-енергетичного підходу умов самоорганізації трибосистем. Для дослідження механізмів абразивного тертя і поверхневого руйнування, а також особливостей кінетики вторинного структуроутворення використані сучасні методи тонкого фізичного експерименту.

Для комплексного вивчення абразивного зношування в роботі досліджено більше 250 деталей і робочих органів машин трьох основних груп, що експлуатуються в абразивних середовищах: робочі органи машин; спряження, що працюють при терті без змащування; спряження, що працюють в умовах тертя за наявності змащування.

При розробці машин важливими, з точки зору надійності і довговічності, є вимоги простоти та раціональної компоновки основних вузлів, технологічності і ремонтпридатності конструкції. При конструюванні вузлів тертя необхідно вибирати такий вид тертя в опорах, форму і розміри робочих поверхонь, раціональне поєднання матеріалів вузла тертя, щоби зносостійкість цього вузла була підвищеною, а пошкодження-відсутні. Основний конструкційний захід по боротьбі з механічною формою абразивного зношування є захист вузла тертя від попадання абразиву. Цей вид пошкодження утворюється при роботі деталей і робочих органів машин в контакт з абразивною масою. В цьому випадку необхідно за рахунок правильного вибору матеріалів добитися того, щоби деталь спрацьовувалася при менш руйнуючій механохімічній формі зношування. Більшість швидкозношуваних деталей до моменту повної втрати робото здатності втрачають малу частину своєї маси. Для окремих деталей доцільно робочу частину виготовляти змінною, що дозволяє при порівняно невеликих затратах легко відновлювати деталі при технічному обслуговуванні. Змінні елементи отримали широке розповсюдження в конструкціях робочих органів ґрунтообробних, кормозбиральних машин, для тваринництва і кормо виробництва. На рис. 1 представлено конструкцію молотка кормодробарки ДБ-5 (ДКМ-5). Змінні елементи виготовляються зі зносостійких матеріалів: композиційних порошкових матеріалів, зміцнення методами наплавлення твердими

сплавами, точкове зміцнення плавким електродом (порошковим дротом), використання евтектичних покриттів великої товщини. Одним із методів досягнення високої зносостійкості є використання твердих сплавів. Вони складаються з карбідів і зв'язувальної фази, та виготовляються методами порошкової металургії. Наявність в наплавленому шарі карбідів тугоплавких металів (VC, TiC, NbC, MoC, WC) підвищує твердість та зносостійкість поверхневого шару, що в свою чергу зростає терміни служби робочих органів сільськогосподарських машин.

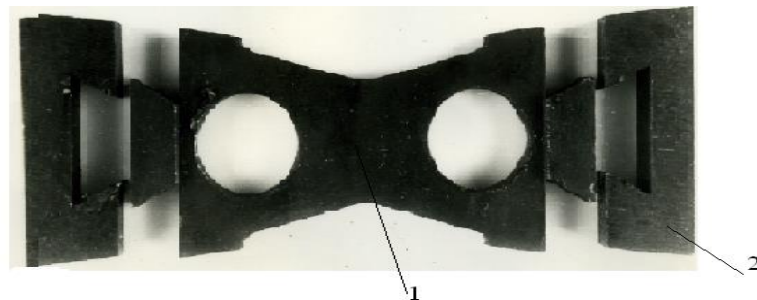


Рис. 1. Конструкція молотка дробарки ДБ-5 (ДКМ-5): 1 – основа молотка, сталь, Ст. 3; 2 – робоча (змінна) частина зі зносостійкого матеріалу.

При раціональному розподіленні матеріалу робочої частини запас на абразивне зношування і відповідно строк служби молотка суттєво підвищується без додаткового збільшення ваги деталі.

В теперішній час в вузлах тертя машин використовують метали, неметали і композиційні матеріали, монолітні та поруваті, які мають як гомогенну, так і гетерогенну структуру. Ці матеріали отримують методами литва, порошкової металургії, наплавлення, напилення. Для досягнення максимальної зносостійкості необхідно використовувати засоби зменшення активації (деформування) поверхневих шарів (зміцнюючі технології, високоміцні матеріали, тверді сплави), засоби, що зменшують роботу тертя (антифрикційні матеріали, оптимальні поєднання матеріалів, мастильні середовища), засоби регулювання пасивації (модифікуючі присадки до мастильних середовищ) і управління температурою. Робочі органи машин і обладнання тваринницьких ферм це деталі тертя, які за своєю кількістю в декілька разів переважають пари тертя. Втрати маси металу в результаті їх абразивного зношування технологічними матеріалами великі і досягають від 10 до 50% їх маси, а інколи і більше, тоді як втрати маси металу при спрацюванні спряжених деталей тертя в умовах мащення коливається в межах 0,1–1,0%. Практикою експлуатації кормоприготувальних машин встановлено, що довговічність їх серійних робочих елементів не перевищує 100–150 тон наробітку на

одну грань, а молотки малогабаритної комбікормової установки УМК-Ф-2 досягають наробітку на відмову для однієї робочої грані 15-20 годин. Накопичено значний, теоретичний та практичний досвід, а також наші дослідження підтверджують, що одним з можливих методів підвищення довговічності швидкозношуваних деталей кормоприготувальних машин є виготовлення їх з композиційних матеріалів [3]. На рис. 2. зображено конструкцію молотка установки УМК-Ф-2, робочі грані якого армовані зносостійкими елементами з порошкового композиційного матеріалу на основі карбідів хрому і титану.

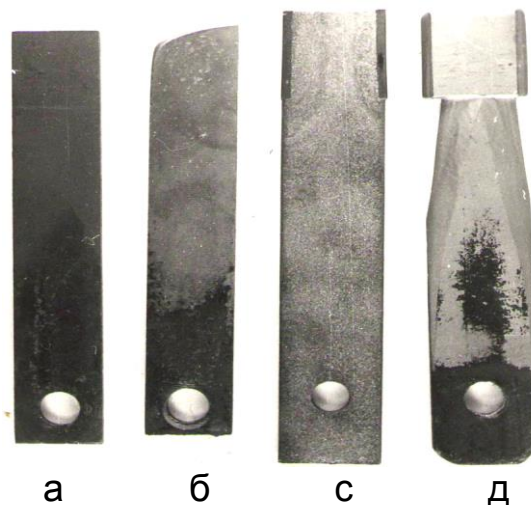


Рис. 2. Молоток малогабаритної комбікормової установки УМК-Ф-2: а – серійний, сталь 65Г; б – серійний сталь 65Г, спрацювання робочих граней після наробітку 20 тон; с – експериментальний, основа – сталь, Ст.3, робочі грані армовані композиційними матеріалами на основі карбідів хрому, бору і титану; д – експериментальний після наробітку 200 тон.

Підвищення зносостійкості в результаті використання різноманітних методів зміцнення і відновлення досягається за рахунок збільшення твердості і зниження пластичності поверхневого шару, а в деяких випадках-за рахунок зміни хімічного та фазового складу цього шару. Сумісними треба вважати такі поєднання матеріалів, які в заданому діапазоні навантажувально-швидкісних факторів тертя і умов середовища забезпечують мінімальне спрацювання та оптимальне тертя в парі. Таким чином, сумісність, необхідно розглядати в складній системі: матеріал-матеріал середовище-умови навантаження. Зношування поверхонь під впливом незакріпленого абразиву, який знаходиться в зоні тертя двох твердих тіл, привертає увагу багатьох дослідників. Тут треба відзначити дослідження автора, узагальнені в монографії [4]. Зносостійкість в цьому випадку визнача-

ється не лише механічними властивостями твердих тіл, але й поведінкою самого абразиву в зазорі. Якщо зусилля для навантаження частинки в більш м'який матеріал менше ніж руйнівна сила, то в цьому випадку зносостійкість буде визначатися умовами шаржування абразиву і властивостями більш твердого матеріалу, який буде зношуватися вже закріпленим абразивом. Але абразив, попадаючи в зазор, може зруйнуватися. В цьому випадку вплив абразиву буде залежати від глибини впровадження, за якої настає руйнування абразиву, а також, від характеру руйнування самого абразиву. Розглянемо в загальному вигляді фактори, які визначають абразивну здатність матеріалів для різних умов спрацювання деталей машин, гадаючи, що інтенсивність поверхневого шару деталей залежить як від властивостей абразивного матеріалу, так і від його початкового стану. Нехай абразивна частинка або виступ монолітного шматка невідзначеної форми та різного розміру контактує з пласкою поверхнею абсолютно жорсткого тіла. Внаслідок малої величини контактної поверхні її можна умовно вважати сферичною з радіусом R_i .

$$q = 0,459 \sqrt[3]{\frac{E^2 P_i}{R_i^2 (1-\mu^2)^2}} \quad (1)$$

де: E – модуль пружності матеріалу абразивної частинки; μ – коефіцієнт Пуасона; R_i – умовний радіус частинки в місці її контакту з площиною; P_i – граничне значення нормального навантаження, яке витримує частинка до зруйнування контактуючого виступу.

Прикладаємо до цієї частинки нормальне навантаження та будемо підвищувати її до тих пір, поки напруження на контактній площадці не досягнуть руйнуючих значень. Так як абразивні частинки в основному мінерального походження а їх руйнування має крихкий характер (йому не передує яка-небудь суттєва пластична деформація), зокрема для розрахунку максимальних напружень q на контактній площадці можливо скористатися формулою Герца.

Величина P_i за інших рівних умов залежить від твердості, матеріалу, що контактує з абразивною частинкою. Тому для досягнення визначеності в оцінці міцності абразивних частинок потрібно запровадити умову абсолютної жорсткості контактуючого тіла.

Величина q є умовним показником, що характеризує здатність абразивного зерна створювати напруження в поверхневому шарі деталей. Ця здатність залежить від форми зерна та його міцності. Чим вище значення q , тим більше буде пошкоджуватися матеріал деталі даним зерном. Для інженерних цілей в якості приблизної побічної оцінки абразивних зерен можуть бути використані значення мікротвердості при вдавлюванні. Фактичні контактні напруження, створені даним абразивним зерном, залежать від діючого нормального навантаження N_i . Остання обумовлена розмірами частинок та щільністю

абразивної маси; масою монолітного шматка або навантаженням на деталь; жорсткістю контактуючих тіл.

Процеси руйнування абразивного зерна та характер утворених продуктів сильно впливають на показники абразивності, тобто на розміри руйнувань поверхневого шару деталей машин.

За М.М. Севернєвим [5], в загальному вигляді величина абразивного руйнування матеріалу в ґрунті виражається функцією змінних величин:

$$\Delta G = f(p, L, S, m, H), \quad (2)$$

де: p – тиск ґрунту, Па; L – шлях тертя, м; S – площа тертя, м²; m – показник здатності ґрунту, що зношується; H – твердість матеріалу, HV.

Абразивні частинки ґрунту під впливом прикладеного до них нормального тиску і зсувного зусилля призводять до зношування робочого органу нерівномірно, що залежить також і від твердості поверхні леза. Інтенсивність зношування деталей в ґрунті від сили різання ґрунту і шляху тертя

$$\frac{\Delta G}{\Delta S} = kP, \quad (3)$$

де: ΔG – величина абразивного зносу, м; ΔS – шлях тертя, м; P – сила різання ґрунтового пласту, Н; k – коефіцієнт пропорційності.

Залежність інтенсивності абразивного зношування від твердості матеріалу наступна:

$$\frac{\Delta G}{\Delta t} = k \cdot \frac{P v_{\text{від}}}{H}. \quad (4)$$

де: $P v_{\text{від}}$ – швидкість відносного переміщення контактуючих частинок у місцях зношування; H – твердість металу; Δt – час впливу абразиву.

В основі нашої роботи було використано «точкове зміцнення». Суть даного процесу зміцнення в наступному: методом макровкраплення твердого сплаву здійснюється зміцнення дільниць робочих органів ґрунтообробних машин, які швидко зношуються. Порошковий дріт, наприклад, типу ПП-АН170, 130, 135, діаметром 3,2 мм плавиться під впливом електричної дуги, утворюючи конуси проплавлення, що в результаті активної дифузії твердого сплаву з основним металом, міцно утримується на поверхні деталі, підвищуючи їх зносостійкість. Точки зміцнення утворюються при швидкому введенні в метал деталі такої кількості теплоти, яка необхідна для проплавлення конусного кратеру, наповнення його розплавом з основного металу і твердого сплаву та утворення головки точки. Оптимальну висоту точки зміцнення (висота головки) вибираємо в залежності від функціонального призначення робочого органу.

Вона повинна забезпечувати захист основного металу від абразивного зношування. Висота точки зміцнення повинна бути такою,

щоби надійно захищати зношувану поверхню, не створюючи значного опору пересуванню робочого органу в ґрунті. На леміші, наприклад, висота наплавки по лезу не повинна перевищувати 2 мм, а на ножах виноградних машин – 0,5 мм, зростає тяговий опір, відбувається налипання ґрунту та не виконуються агротехнічні вимоги по підрізанню бур'янів. При точковому зміцненні деталей, одна із головних умов, що забезпечує стабільну якість зміцнення, узгодження зварного струму та напруги дуги. Пряма полярність струму знижує стійкість дугового процесу, призводить до утворення бризок, зменшує глибину проплавлення та збільшує висоту головки точки.

Тому технологію точкового зміцнення відпрацьовували на оберненій полярності. Зварний струм чинить найбільший вплив на формування точки зміцнення. Регулюючи глибину, висоту та частоту наплавлення, а також співвідношення твердості наплавлених ділянок і основного металу визначається оптимальна зносостійкість, а при необхідності, самозаточування виробу. Наплавлені ділянки конуси проплавлення в основному металі з виходом основи конуса на лицеву сторону деталі. Ділянки наплавлення виступають над поверхнею лицевої сторони деталі на величину 1...3 мм та проникають в основний метал на глибину 4...6 мм, утворюючи на поверхні лицевої сторони деталі твердо сплавну точку діаметром 18...25 мм і твердістю HRC 60...66. Експериментальні леміші з точковим зміцненням леза та носової частини встановлювались на серійному плузі ПЛН-5-35 і агрегувався з трактором Т-150К. Тяговий опір агрегату ПЛН-5-35 з експериментальними лемішами при швидкості руху 2,08 м/с склав 32,7 кН, що в порівнянні з серійними лемішами однаково (33,5 кН). Оранка здійснювалась на глибину 25...27 см після збирання зернових культур. В процесі проведення випробувань регулярно здійснювались вимірювання зміни параметрів робочих органів. Критеріями граничного стану прийняті повне зношування та затуплення лемішів, або їх поломка і згин носка.

Перед зміцненням порошковий дріт для видалення вологи (висушують) при 300–350 °С на протязі години. Після напрацювання лемішами 15–19 га на чорноземних ґрунтах знос металу в точках проплавлення менш інтенсивний, утворюється пилкоподібний профіль та проявляється ефект самозаточування.

При подальшій експлуатації знос спостерігається по основному металу, а на ріжучій кромці самозагострювання покращується. В процесі порівняльних випробувань використовувались серійно виготовлені леміші, наплавлені сормайтотом. Серійні леміші в процесі експлуатації зношуються по носку, а лезу відсутнє самозаточування і при напрацюванні 29,9 га спостерігається його затуплення. Проведені порівняльні випробування на чорноземних ґрунтах (Одеська

обл.) показали, що леміші з точковим зміцненням мають ряд переваг в порівнянні з серійними та забезпечують підвищення зносостійкості в 2–3 рази (рис. 3).



Рис. 3. Леміш з точковим зміцненням після наробітку 102,3 га.

В результаті самозагострювання утворюється хвилясто-ступеневе лезо, стійкість ходу ґрунтообробних машин є сталою, на протязі тривалого терміну зберігається стан динамічної рівноваги агрегатів. Точкове зміцнення лез робочих органів забезпечує малий опір руху, більш швидку роботу агрегатів, при невеликій, потрібній потужності та витрат пального.

Найбільший наробіток (140 га) мають леміші з точковим зміцненням. З 9 випробуваних лемішів тільки один леміш досяг граничного зношування по носку. По загальному для всіх лемішів наробітку, леміші з точковим зміцненням переважають серійні в 2,8 рази. Для визначення відносної зносостійкості за масою і довжини носка побудовано графік (рис. 4).

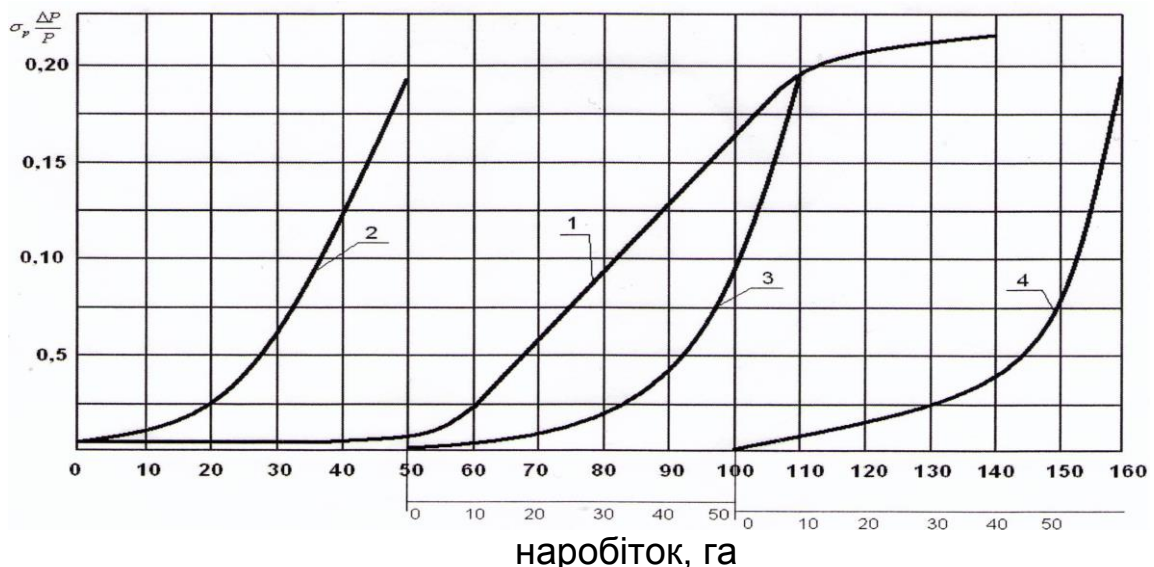


Рис. 4. Відносний знос за масою серійного та зміцненого лемішів: 1 – леміш з точковим зміцненням; 2 – серійний леміш (перша установка); 3 – серійний леміш (друга установка); 4 – серійний леміш (третья установка).

Відносна зносостійкість за масою зміцненого леміша в 2,2 рази вище серійного, а відносна зносостійкість носка в 2,8 рази вище серійного. Таким чином, леміш з точковим зміцненням може замінити по наробітку три серійних леміша. Значення величини середньо квадратичного відхилення і коефіцієнту варіації з точковим зміцненням свідчить про стабільність технологічного процесу їх виготовлення. Підвищення стійкості деталей проти абразивного руйнування можливо досягти при використанні таких методів зміцнюючи технологій, що дозволяють підвищити твердість поверхневих шарів деталей вище твердості частинок абразивного середовища. Процеси мінімізації пластичних деформацій достатньо широко реалізується при нормальному терті машин завдяки структурного пристосування та характеризується мінімальними значеннями швидкості спрацювання і відсутністю будь-яких видів пошкодження. Така теорія необхідна для створення матеріалів і мастильного середовища з раніше заданими властивостями, розробки нових видів та режимів технологічного і експлуатаційного зміцнення, визначення оптимальних умов тертя машин і механізмів, методів розрахунку на тертя і оцінювання показників надійності. Кожний матеріал здатний пристосовуватися до умов тертя в певному діапазоні зовнішнього впливу і середовища.

Висновки

1. На основі проведених досліджень визначені принципово нові можливості підвищення довговічності машин шляхом керуванням технічним станом їх деталей робочих органів.

2. Запропоновано технологію дугового точкового зварювання, що дозволяє зменшити на порядок витрати електроенергії за рахунок зниження тривалості зміцнення поверхні леза робочого органу.

3. Великі можливості керування технічним станом машин це використання методів порошкової металургії, яка дозволяє легувати металокерамічну матрицю і одночасно включати в склад матеріалів речовини, які хімічно і структурно модифікують поверхні тертя конструкційних матеріалів.

Список літератури

1. Хрущов М.М. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. – М., Наука, 1970. – 252 с.
2. Костецкий Б.И. Поверхностная прочность материалов при трении / Б.И. Костецкий, И.Г. Носовский. – К.: Техніка, 1976. – 296 с.
3. А.с. № 1386297. Молоток для кормодробилок / Н.И. Денисенко. Бюллетень №13, 07.04.1988.
4. Тененбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин / М.М. Тененбаум. – М.: Машиностроение, 1966. – 330 с.
5. Севернев М.М. Долговечность и работоспособность сельскохозяйственных машин / М.М. Севернев // Вопросы земледельческой механики. – Минск: Сельхозгиз БССР, 1963. – Т. X. – С. 135.

Рассмотрено структурно-энергетический подход по повышению долговечности сельскохозяйственных машин. Предложено автором оптимальные параметры точечного упрочнения, изготовление деталей из композиционных материалов приводят к значительному уменьшению изнашиванию деталей и узлов сельскохозяйственных машин в процессе их технической эксплуатации.

Долговечность, абразивное изнашивание, эффект самозатачивания, лезвие лемеха, лапа культиватора, молоток кормодробилки, композиционные материалы, точечное упрочнение.

Examine of structure and energetic approach for increase durability of agricultural techniques. Propose of author of the optimal parameter hardening point consumable and electrode are welding of flux cored electrode, produce detail of cermet's material cause to important diminish intensive of wear detail and assembly agricultural techniques at process of technical operation.

Durable, abrasive wear, effect, self-sharpening, blade share, cultivator tooth, hammer grinding, hardening, point wise consumable, cermet's material.

УДК 631.365:635.54

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕВОГО ПРИ ЙОГО СУШІННІ

***І.В. Нездвецька, кандидат технічних наук
Житомирський національний агроекологічний університет***

Висвітлено результати досліджень впливу технологічних параметрів процесу ІЧ-сушіння коренів цикорію на енергомісткість процесу за відношенням до якісних показників отриманого матеріалу. В результаті експериментів формалізовано технологічні параметри процесу сушіння і якісні показники кінцевого матеріалу та визначено раціональні параметри технологічного процесу сушіння коренів цикорію з періодичною дією ІЧ-випромінювання на матеріал.

Сушіння, цикорій кореневий, ІЧ-випромінювання, період опромінювання, період відлежування, якісні показники, інулін.

© І.В. Нездвецька, 2015

Постановка проблеми. Згідно схваленої Концепції розвитку овочівництва та переробної галузі [1], Україна має усі перспективи для того, щоб бути в числі світових лідерів-виробників продукції рослинного походження. Проте, постійне підвищення вартості енергоресурсів, високі вимоги до якості кінцевого продукту та екологічності технологій виробництва призводять до зростання собівартості продукції та зниження її конкурентоспроможності на зовнішньому та на внутрішньому ринках. З огляду на це, виникає потреба пошуку і обґрунтування раціональних конструкційно-технологічних параметрів процесів виробництва та переробки продукції рослинного походження в напрямку підвищення її кінцевої якості та зниження енергоємності виробництва в цілому.

Сушіння продукції рослинного походження, у тому числі і цикорію коренеплідного, є раціональним способом продовження харчової та товарної придатності. Незважаючи на значну кількість теоретичних і експериментальних досліджень, присвячених загальній теорії сушіння, необхідна додаткова формалізація взаємозв'язків між властивостями висушеної сировини та техніко-технологічними параметрами обладнання з урахуванням комплексного впливу технологічних параметрів процесу на якісні характеристики об'єкту сушіння.

Аналіз останніх досліджень. Традиційно сушіння цикорію кореневого здійснюється в парових конвеєрних сушарках, сушильним агентом в яких є підігріте за допомогою парових калориферів повітря. При цьому витрати енергії складають від 1,8 до 3 кВт·год на 1 кг випареної вологи [3, 4, 8]. Крім того, таке сушильне обладнання досить громіздке і складне в обслуговуванні – до 6 транспортерних стрічок вимагають відповідного числа електроприводів і інших допоміжних пристроїв. Великі витрати повітря при конвективному сушінні [3] спричиняють необхідність використання якісного устаткування для очищення повітря від викидів в атмосферу тепла і зважених залишків часток матеріалу. Окрім порівняно високих витрат енергії, до недоліків розглянутих сушарок можна віднести нерівномірність висушування унаслідок малорухливості шару матеріалу [4].

Порівняльна оцінка характеристик та енерговитрат відомих технологій сушіння показала, що технологія із застосуванням інфрачервоного (ІЧ) випромінювання характеризується мінімальними питомими енерговитратами на 1 кг випареної вологи, величина яких в середньому у 1,7...2,85 рази менша від існуючих технологій сушіння. Разом з тим встановлено, що періодична дія енергії ІЧ-випромінювання на об'єкти сушіння дозволяє збільшити швидкість сушіння на 30...40 %, знизити негативний вплив високих температур на матеріал, що дозволяє зберегти його якісні та органолептичні характеристики на максимальному рівні [2, 5, 6, 10, 11].

Об'єктом дослідження є процес сушіння коренів цикорію з перервною дією енергії ІЧ-випромінювання на матеріал. У процесі дослідження проведено регресійний аналіз технологічних параметрів процесу, критеріальними змінними при цьому виступали швидкість випаровування вологи із матеріалу цикорію та вміст інуліну у висушених коренях.

Огляд досліджень, присвячених пошуку раціональних технологій сушіння рослинних матеріалів показав, що для забезпечення раціонального ІЧ-сушіння рослинних матеріалів, що є критичними до впливу високих температур (корені цикорію та ряд матеріалів рослинного походження тощо), застосовують змінні режими опромінювання із впливом потоків підігрітого повітря під час відлежування [2, 4, 5]. Це дозволить як скоротити загальні витрати енергії на сушіння, так і зберегти якісні характеристики матеріалу. Проте, з огляду на складність структури рослинних матеріалів, встановлення зв'язків технологічних параметрів процесу та якісних показників отриманого матеріалу потребує експериментальних досліджень.

Метою досліджень є пошук раціональних умов процесу сушіння в залежності від технологічних параметрів процесу – співвідношення між періодами опромінювання ($t_{опр}$) і відлежування ($t_{відл}$), швидкості подачі (u) і температури повітря ($T_{пов}$), що діє на матеріал під час відлежування. Дані, отримані в результаті досліджень [6] показали, що найбільш раціональним для сушіння цикорію є використання ІЧ-випромінювачів з показниками довжини хвилі максимуму енергії випромінювання $\lambda_{max} = 1,5...3,9$ мкм, що відповідає температурі поверхні випромінювача $T = 500...1600^{\circ}C$.

Результати досліджень. Для перевірки висновків теоретичних досліджень та встановлення раціональних режимів періодичного опромінювання були використані лабораторні прилади та установки: сушильна камера закритого типу (рис. 1); ІЧ-випромінювач; терези лабораторні AD-300; тепловентилятор з вбудованим регулюванням температури повітря; секундомір; анемометр АПР2; електричний лічильник однофазний GEM 134.01.2. Лабораторна установка (рис. 1) складалася з сушильної шафи, що розділена перегородкою на дві зони – опромінювання (2) та відлежування (6). У якості ІЧ-випромінювача (5) використовувалися: електричний ІЧ-випромінювач у вигляді керамічної трубки з металеву спіраллю з довжиною хвилі максимуму енергії випромінювання $\lambda_{max} = 2,0$ мкм, що відповідає значенню температури поверхні випромінювача $T=1177^{\circ}C$; електричний ІЧ-випромінювач у вигляді керамічної трубки з металеву спіраллю з довжиною хвилі максимуму енергії випромінювання $\lambda_{max} = 2,5$ мкм, що відповідає значенню температури поверхні випромінювача $T=887^{\circ}C$.

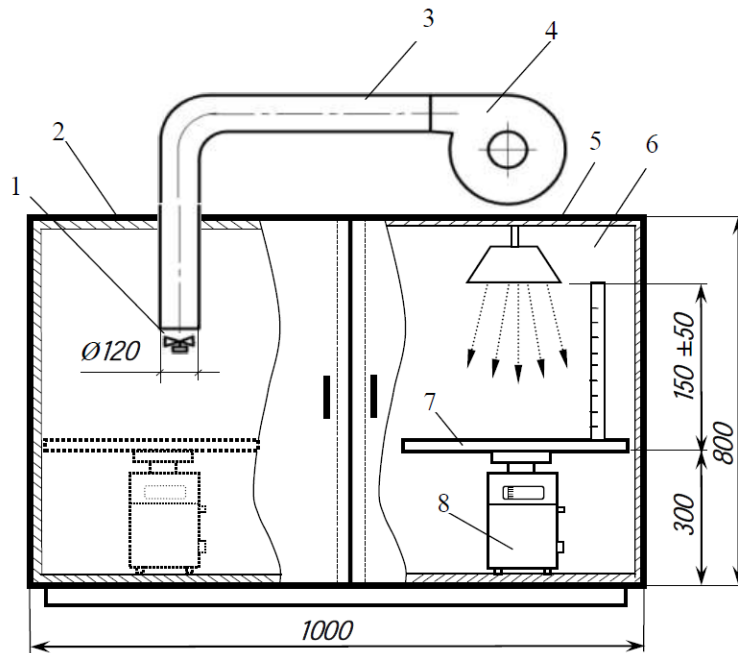


Рис. 1. Схема лабораторної установки для визначення раціональних параметрів перервного ІЧ-сушіння: 1 – анемометр АПР2; 2 – камера відлежування; 3 – повітропровід; 4 – тепловентилятор; 5 – ІЧ-випромінювач; 6 – камера опромінювання; 7 – підставка з об'єктом сушіння; 8 – терези.

Тривалість опромінювання визначалася, виходячи із досліджень [6] таким чином, щоб температура в центрі шматочка матеріалу не перебільшувала значення 70 С. По закінченню опромінювання, матеріал направлявся до камери відлежування. Під час перебування в камері відлежування матеріал підлягав дії потоків підігрітого повітря, що надходило від тепловентилятора ТВП-500, в якому передбачалась можливість регулювання швидкості подачі повітря та його температури. Проведені дослідження впливу параметрів періодичного випромінювання на продуктивність процесу і на якісні показники матеріалу по правилах багатofакторного експерименту за планом 2^{4-1} дозволили встановити раціональні значення довжини хвилі максимуму енергії випромінювання і отримати рівняння регресії (1), (2) для довжини хвилі максимуму енергії випромінювання $\lambda_{\max} = 2,0 \text{ мкм}$ і $\lambda_{\max} = 2,5 \text{ мкм}$ відповідно:

$$\frac{DW}{t} = 0,024 + 0,0033u + 0,0640 \cdot 10^{-3}T + 0,0640 \cdot 10^{-3}t_{\text{оп}} - 0,340 \cdot 10^{-4}t_{\text{від}}, \quad (1)$$

$$\frac{DW}{t} = 0,025 + 0,004u + 0,00012T + 0,00003t_{\text{оп}} - 0,000036t_{\text{від}}, \quad (2)$$

де: $\frac{DW}{t}$ – середня швидкість сушіння, %/хв; u – швидкість подачі повітря під час відлежування, м/с; T – температура повітря, °С; $t_{\text{оп}}$ –

тривалість періоду опромінювання матеріалу, с; $t_{відл}$ – тривалість періоду відлежування матеріалу, с.

Апроксимація експериментальних даних в матеріалі дозволила отримати рівняння регресії залежності вмісту інуліну (In , %) в коренях цикорію від технологічних параметрів процесу для довжини хвилі максимуму енергії випромінювання $\lambda_{max} = 2,0$ мкм і $\lambda_{max} = 2,5$ мкм відповідно:

$$In = 60,05 - 0,064u - 0,195T - 0,06t_{опр} + 0,007t_{відл}, \quad (3)$$

$$In = 66,75 - 0,009u - 0,197T - 0,09t_{опр} + 0,012t_{відл}, \quad (4)$$

де: $\frac{DW}{t}$ – середня швидкість сушіння, %/хв; u – швидкість подачі повітря під час відлежування, м/с; T – температура повітря, °С; $t_{опр}$ – тривалість періоду опромінювання матеріалу, с; $t_{відл}$ – тривалість періоду відлежування матеріалу, с.

Для оцінки впливу технологічних параметрів процесу сушіння матеріалу при періодичній дії на нього енергії ІЧ-випромінювання та конвективної дії повітря, необхідно врахувати значення питомої енергомісткості процесу:

$$N_{num\ заг} = \frac{N}{\Delta W \cdot In}, \quad (5)$$

де: $N_{num\ заг}$ – питома енергомісткість процесу сушіння, кВт год/кг; N – сумарні енерговитрати на підведення теплової енергії до матеріалу, кВт·год; ΔW – кількість видаленої вологи із матеріалу, кг; In – вміст інуліну в масі сухої речовини матеріалу, %.

Апроксимація отриманих значень питомої енергомісткості дозволила отримати рівняння регресії, що відображає її залежність від технологічних параметрів процесу сушіння: температури повітря ($T_{пов}$, °С), швидкості подачі повітря (u , м/с), тривалості періоду опромінювання ($t_{опр}$, с) та тривалості періоду відлежування ($t_{відл}$, с).

Отже, питомі енерговитрати при сушінні зі встановленням ІЧ-випромінювачів з довжиною хвилі максимуму енергії випромінювання $\lambda_{max} = 2$ мкм і $\lambda_{max} = 2,5$ мкм відповідно:

$$N_{num\ заг} = 0,049 + 0,000012T_{пов}^2 - 0,0006T_{пов} + 0,0001t_{опр}^2 + 0,003u, \quad (7)$$

$$N_{num\ заг} = 0,048 + 0,000014T_{пов}^2 - 0,0008T_{пов} + 0,000122t_{опр}^2 - 0,00019u, \quad (8)$$

Попарне дослідження на екстремум рівнянь (1)-(8) дозволило визначити раціональні значення технологічних параметрів процесу імпульсного терморадіаційно-конвективного сушіння коренів цикорію (табл. 1).

1. Раціональні значення технологічних параметрів процесу сушіння коренів цикорію при періодичній конвективно-інфрачервоній тепловій дії на матеріал.

Швидкість повітря, u , м/с	Температура повітря, T , °С	Тривалість періоду опроміювання t_{opr} , с	Тривалість періоду відлежування $t_{відл}$, с	Значення показників якості процесу		
				$\frac{\Delta W}{\tau}$, %/хв.	I_n , %/сух.реч.	$N_{nut\ заг}$, кВт·год/кг·%
Довжина хвилі максимуму енергії випромінювання $\lambda_{max} = 2,0\text{ мкм}$						
0,7...0,8	25...30	30...35	90...100	0,46...0,48	54...56	0,044
Довжина хвилі максимуму енергії випромінювання $\lambda_{max} = 2,5\text{ мкм}$						
0,9...1,1	30...35	45...50	100...120	0,53...0,54	54...58	0,042

Висновок. Використання ІЧ-технологій при сушінні коренів цикорію є раціональним способом сушіння не лише з точки зору скорочення енерговитрат, але і з позиції підвищення якісних характеристик об'єкту сушіння. Проведені дослідження технологічних параметрів періодичної дії енергії ІЧ-випромінювання на корені цикорію при їх сушінні, дозволили визначити раціональні значення цих параметрів (табл. 1), які дозволяють отримати вміст інуліну на рівні 54...58% по відношенню до вмісту сухих речовин, що в 1,4...1,55 рази перевищує вміст інуліну в коренях, висушених конвективним способом.

Список літератури

1. Концепція розвитку овочівництва та переробної галузі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/kr111120.html.
2. Гинзбург А.С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 407 с.
3. Гришин М.А. Установки для сушки пищевых продуктов : справочник / М.А. Гришин, В.И. Атаназевич, Ю.Г. Семёнов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 215 с.
4. Гуляев В.Н. Сушёные овощи и фрукты / В.Н. Гуляев, З.А. Кац, О.А. Полов. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 189 с.
5. Лебедев П.Д. Сушка инфракрасными лучами / П.Д. Лебедев. – М.: Госэнергоиздат, 1955. – 431 с.
6. Нахмедов Ф.Г. Технология кофепродуктов / Ф.Г. Нахмедов. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984. – 180 с.
7. Нездвецька І.В. Оптимізація сушіння коренів цикорію / І.В. Нездвецька, С.М. Кухарець, О.Д. Муляр // Вісник ЖНАЕУ. – 2010. – №1. – С. 319–325.
8. Практикум по агрохимии : учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
9. Яценко А.А. Цикорий корнеплодный / А.А. Яценко, А.В. Корниенко, Т.П. Жужжалова. – Воронеж: ВНИИСС, 2002. – 135 с.
10. Krishnamurthy K. Overview Infrared Heating in Food Processing / K. Krishnamurthy, H.K. Khurana, S. Jun, J. Irudayaraj, A. Demirci // Comprehensive reviews in food science and food safety. – 2008. – Vol. 7. – P. 2–13.

11. Rao M.A. A kinetic study of the loss of vitamin C, color and firmness during thermal processing of canned pease / M.A. Rao et.al. // J. of Food Science. – 1981. – V. 46. – P. 636–637.

Отражены результаты исследований влияния технологических параметров процесса ИК-сушки корней цикория на энергоёмкость процесса по отношению к показателям качества полученного материала. В результате экспериментов получены уравнения регрессии, которые формализуют технологические параметры процесса сушки и качественные показатели конечного материала, а так же позволяют определить рациональные параметры технологического процесса сушки корней цикория с периодическим воздействием ИК-излучения на материал.

Сушка, цикорий корневой, ИК-излучение, период облучения, период отлёжки, показатели качества, инулин.

The results of researches of influence of technological parameters of process of infrared drying of roots of chicory are reflected on power-hungryness of process in relation to indexes of quality of got material. As result of experiments equalizations are got regressions which formalization of technological parameters of process of drying and high-quality indexes of eventual material and similarly allow to define the rational parameters of technological process of drying of roots of chicory with periodic influence of infrared-radiation on material.

Drying, chicory root, infrared-radiation, period of irradiation, period of binning, high-quality indexes, inulin.

УДК 631.363

КІНЕТИКА ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ КОМБІКОРМОВИХ СУМІШОК

**Г.А. Голуб, доктор технічних наук
О.М. Ачкевич, інженер**

Приведено дослідження кінетики процесу отримання комбікормових сумішок з метою отримання рівномірності розподілу компонентів в суміші, що встановлена зоотехнічними нормами.

Змішування, рівномірність, кінетика, комбікорм, суміш.

Постановка проблеми. Від рівня розподілу компонентів в приготуваній кормовій суміші залежить ступінь засвоєння поживних

© Г.А. Голуб, О.М. Ачкевич, 2015

речовин, а отже продуктивність тварин і питома витрата кормів на одержання одиниці продукції. Підвищення рівномірності розподілу компонентів у суміші до 97% і більше, у порівнянні із задовільним станом розподілу (рівномірність 85–93%), приводить до зменшення витрат комбікормів різними видами та віковими групами тварин і птиці на величину від 4,5 до 13,7% [2]. Якщо прийняти, що вказана залежність має лінійний характер, то покращення рівномірності розподілу компонентів на кожен відсоток приводить до економії корму на величину від 1 до 1,4%. Отже покращення рівномірності розподілу компонентів при їх перемішуванні є пріоритетним напрямком у вдосконаленні технологічного процесу змішування. Вирішення цього питання проводяться, як експериментальним шляхом, так і за допомогою теоретичних досліджень визначення параметрів, які забезпечують максимальне підвищення показника рівномірності розподілу компонентів у суміші. При змішуванні компонентів важливо встановити тривалість змішування, яка необхідна для досягнення рівномірності розподілу компонентів в суміші, що встановлена зоотехнічними нормами.

Аналіз останніх досліджень. Питання визначення оптимальної тривалості змішування компонентів кормо сумішок, а саме комбікормів, розкриті в роботах Г.М. Кукти [3, 4], який досліджував закономірності кінетики процесу змішування.

Дослідження кінетики процесу змішування сипких матеріалів [1, 5] вказує, що інтенсивність показника рівномірності розподілу компонентів в суміші монотонно спадає і настає перехід в зону, коли подальше перемішування суттєво не підвищує рівномірності розподілу компонентів в суміші, а лише приводить до непродуктивної витрати часу роботи змішувача, а відповідно, зниження його продуктивності і перевитрати енергії.

Зважаючи на необхідність одержання суміші з показником рівномірності розподілу компонентів, яка відповідає встановленим зоотехнічним вимогам для певного віко-видового виду тварин, виникає потреба визначення оптимальної тривалості змішування.

Мета досліджень. Уточнити кінетику процесу змішування комбікормових сумішей та час змішування необхідний для досягнення рівномірності розподілу компонентів у суміші, яка встановлена зоотехнічними нормами.

Результати досліджень. Приймаючи до уваги існуючі підходи до опису процесу змішування [3] рівняння зміни коефіцієнта варіації v з часом t в диференціальній формі буде мати наступний вигляд:

$$\frac{dv}{d\tau} = -k(v - v_{ep}), \quad (1)$$

де: k – параметр процесу змішування, що характеризує властивості компонентів і технологічні особливості змішувача, с^{-1} ; v – поточне значення коефіцієнта варіації нерівномірності, відн. один.; v_{ep} – граничне значення коефіцієнта варіації нерівномірності, при якій показники змінності суміші досягають нижньої межі і в подальшому не поліпшуються, відн. один.

У випадках коли вихідні компоненти подаються безпосередньо в камеру змішування, початкове значення коефіцієнта варіації слід приймати $v=v_{ep}=1$, а тривалість часу $t=T_0$.

За вказаних умов при інтегруванні рівняння (1) маємо:

$$\ln(v - v_{ep}) - \ln(1 - v_{ep}) = -k\tau; \quad \frac{v - v_{ep}}{1 - v_{ep}} = e^{-k\tau}. \quad (2)$$

В кінцевому вигляді рішення рівняння (1) набуває вигляду:

$$v = v_{ep} + (1 - v_{ep})e^{-k\tau}. \quad (3)$$

При тривалому змішуванні, коли час наближається до безкінечності ($\tau \rightarrow \infty$), коефіцієнт варіації $v=v_{ep}$. Прив'язуючи рівняння (3) до параметра рівномірності розподілу компонентів в суміші, маємо:

$$1 - P = 1 - P_{ep} + (1 - 1 + P_{ep})e^{-k\tau}; \quad P = P_{ep}(1 - e^{-k\tau}). \quad (4)$$

де: P_{ep} – гранична нерівномірність розподілу компонентів в суміші, при якій показники змінності суміші досягають верхньої межі і в подальшому не поліпшуються, відн. один.; P – поточне значення нерівномірності розподілу компонентів в суміші, відн. один.

Розв'язавши рівняння стосовно змінної τ : одержимо:

$$e^{-k\tau} = 1 - \frac{P}{P_{ep}}; \quad -k\tau = \ln\left(1 - \frac{P}{P_{ep}}\right); \quad \tau = -\frac{1}{k} \ln\left(1 - \frac{P}{P_{ep}}\right). \quad (5)$$

Експериментально встановлено, що максимальний рівень рівномірності змішування комбікормових сумішок становить $P_{ep}=0,98$, тоді кінетичне рівняння процесу змішування (4) буде мати вигляд:

$$P = 0,98(1 - e^{-k\tau}). \quad (6)$$

Розрахунок параметра процесу змішування кормосумішок проведемо згідно відомої методики та на основі експериментальних даних за формулою:

$$k = \exp\left(\frac{N^{-1}}{\sum Y - \sum Z}\right), \quad (7)$$

де: N – кількість вимірів; $Y = \ln\left(\ln \frac{1}{1 - \beta}\right)$; $Z = \ln \tau$.

Вихідні дані та розрахунок приведені у табл. 1. Розрахунки показали, що для процесу змішування кормових сумішей швидкість перерозподілу компонентів становить $k=0,017128 \text{ с}^{-1}$.

1. Розрахунок швидкості перерозподілу компонентів при змішуванні кормосумішок.

P , відн. од.	τ , с	P_{ep} , відн. од.	$\beta = PP_{ep}^{-1}$	$(1 - \beta)^{-1}$	$Y = \ln(\ln(1 - \beta)^{-1})$	$Z = \ln \tau$
0,887	60		0,90	1,11	0,85	4,09
0,937	120		0,96	1,26	1,13	4,79
0,952	180		0,97	1,55	1,26	5,19
0,961	240		0,98	2,30	1,36	5,48
0,967	300	0,98	0,99	3,04	1,45	5,70
0,972	360		0,99	5,61	1,55	5,89
0,976	420		1,00	15,67	1,68	6,04
0,978	480		1,00	135,92	1,77	6,17
0,980	540		1,00	1171,48	1,98	6,29

Таким чином, в остаточному вигляді, кінетичне рівняння процесу змішування кормових сумішей буде мати вигляд:

$$P = 0,98(1 - e^{-0,017128\tau}) \quad (9)$$

У графічному вигляді кінетичне рівняння (9) приведено на рис. 1.

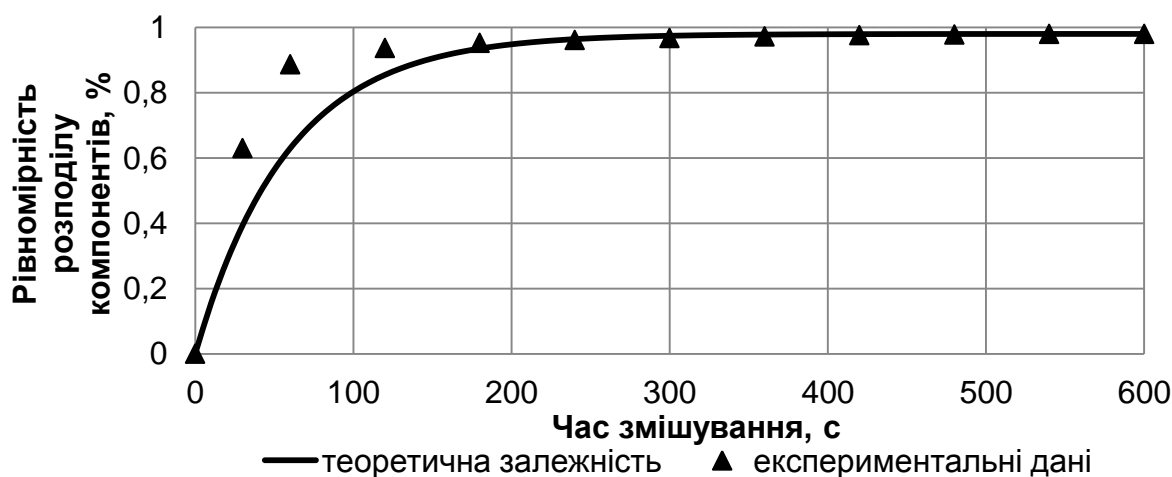


Рис. 1. Кінетика процесу змішування.

Встановлено, що від 0 до 120 секунди швидкість перерозподілу компонентів в суміші значна. У подальшому швидкість покращення рівномірності розподілу компонентів в суміші сповільнюється, а при змішуванні більше 300 с настає її стабілізація.

Необхідний період змішування, при заданому значенні P , що прийняте у відповідності з зоотехнічними нормами визначає наступна функціональна залежність:

$$\tau = -\frac{1}{0,017128} \ln\left(1 - \frac{P}{0,98}\right) \quad (11)$$

Висновок. На основі встановлення максимального рівня рівномірності змішування комбікормових сумішок та швидкості пере-

розподілу компонентів кормових сумішей з використанням барабанного змішувача з регульованою віссю обертання, розроблена кінетична модель процесу змішування може бути використана для визначення часу змішування сухих кормових сумішей.

Список літератури

1. Батунер Л.М. Математические методы в химической технике / Л.М. Батунер, М.И. Позин. – Л.: Химия, 1968. – 417 с.
2. Єгоров Б.В. Технологія виробництва преміксів / Б.В. Єгоров, О.І. Шаповаленко, А.В. Макаринська. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 288 с.
3. Кукта Г.М. Оптимальная продолжительность смешивания компонентов комбикормов / Г.М. Кукта, А.И. Голосов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1971. – №11. – С. 74–82.
4. Кукта Г.М. Оценка процесса смешивания кормов / Г.М. Кукта, А.И. Голосов, А.Ш. Финкельштейн // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. – №2. – С. 41–54.
5. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.

Приведены исследования кинетики процесса получения комбикормовых смесей с целью получения равномерности распределения компонентов в смеси, установленной зоотехническими нормами.

Смешивание, равномерность, кинетика, комбикорм, смесь.

Researches of kinetics of process of receiving formula-feed mixes for purpose of obtaining uniformity of distribution of components are given in the mix established by zootechnical norms.

Mixing, uniformity, kinetics, compound feed, mix.

УДК 637.125.65:621.757.007.52

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТРИВАЛОСТІ НАПОВНЕННЯ ПОВІТРЯМ СИСТЕМИ „ДОЇЛЬНИЙ СТАКАН – ПУЛЬСАТОР”

***В.В. Адамчук, доктор технічних наук, академік НААН
Національний науковий центр “Інститут механізації та електрифікації сільського господарства”***

***І.В. Дмитрів, В.Т. Дмитрів, кандидати технічних наук
Львівський національний аграрний університет***

© В.В. Адамчук, І.В. Дмитрів, В.Т. Дмитрів, 2015

Приведено аналіз результатів експериментальних досліджень тривалості процесу наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи „доїльний стакан – пульсатор” до номінального атмосферного тиску. Проаналізовано вплив конструкційно-технологічних параметрів пульсатора на часові характеристики режиму роботи доїльного апарата.

Доїльний апарат, пневмоелектромагнітний пульсатор, вакуумметричний тиск, тривалість відкачування, система «доїльний стакан – пульсатор».

Постановка проблеми. Проектування нових конструкцій пульсаторів доїльних апаратів вимагає теоретичного визначення технологічних характеристик їх роботи. Конструювання пульсаторів вимагає враховувати витрату повітря при заданих конструктивних розмірах геометричних їх об'ємів, що дозволило б визначати режими роботи та енергетичні затрати. Тому для моделювання конструкційних і технологічних параметрів пульсатора доїльного апарату необхідно експериментальні дослідження їх впливу на витрату повітря цими елементами й доїльного апарата в цілому.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженням впливу конструкційно-технологічних параметрів пульсатора на процес відкачування і наповнення повітрям системи “доїльний стакан – пульсатор” присвячено ряд робіт [1–5]. Встановлені закономірності протікання процесів відкачування і наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи „доїльний стакан – пульсатор” дозволили обґрунтувати час переходу системи від такту стиску до такту ссання і навпаки. На режимні характеристики роботи пневмоелектромагнітного пульсатора впливають об'єм камер змінного вакуумметричного тиску, діаметр перепускних отворів пульсатора, вакуумметричний тиск. Запропонована конструкція адаптивного пневмоелектромагнітного пульсатора доїльного апарату [6] дозволяє знизити тривалість перехідних процесів роботи пульсатора, що досягається зменшенням об'ємів камер змінного вакуумметричного тиску через вилучення з конструкції доїльного апарата вакуумних шлангів, які підводять змінний вакуумметричний тиск до міжстінкових камер доїльного стакана. Аналіз результатів теоретичних моделювань показав, що при вакуумметричному тиску 48 кПа, об'ємі камер змінного вакуумметричного тиску 10^{-4} – $1,8 \cdot 10^{-4}$ м³, діаметрі перепускного отвору $4 \cdot 10^{-3}$ – $3 \cdot 10^{-3}$ м, тривалість наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску (перехід в такт стиску) складе відповідно 0,083–0,149 с [1].

Мета досліджень. Експериментальне дослідження тривалості наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи „доїльний стакан – пульсатор” в залежності від конструкційно-технологічних параметрів пневмоелектромагнітного пульсатора.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до розробленої методики [7] проведено планований експеримент дослідження тривалості відкачування повітря системи „доїльний стакан – пульсатор”. Факторами, які впливають на тривалість наповнення були вакуумметричний тиск P_i , діаметр отвору $d_{пер}$, через який наповнюється повітря в простір камер змінного вакуумметричного тиску системи, об’єм камер змінного вакуумметричного тиску залишався незмінним.

Регресійна модель експерименту отримана при реалізації некомпозиційного плану другого порядку Бокса-Бенкіна на трьох рівнях з п’ятикратною повторюваністю дослідів. Вибір меж значень факторів проводили на основі реальних режимів роботи доїльного апарата та виходячи з результатів теоретичних досліджень [2, 7]. Так, вакуумметричний тиск змінювався від 40 кПа на нижньому рівні до 48 кПа на верхньому рівні з інтервалом варіювання 4 кПа. Для надходження повітря використали еквівалентний діаметр, який прирівняли до діаметру перепускного отвору $d_{пер}$ – від 2,5 мм на нижньому рівні до 3,8 мм на верхньому рівні з інтервалом варіювання 0,7–0,6 мм. Рівняння регресії що характеризує залежність тривалості t наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску від вакуумметричного тиску P_i і діаметра $d_{пер}$ перепускного отвору в натуральних значеннях має вигляд:

$$t = -0,2872 + 0,02359 \cdot P_i - 0,07258 \cdot d_{пер} - 0,00075 \cdot P_i \cdot d_{пер} - 0,0001825 \cdot P_i^2 + 0,00883 \cdot d_{пер}^2. \quad (1)$$

Перевірка відтворюваності дослідів проводилась шляхом порівняння табличного G_T і розрахункового G_P значення критерію Кохрена. Оскільки була виконана умова $G_p \leq G_T$ [7; 8] – досліді відтворювані. Значимість коефіцієнтів регресії перевіряли за допомогою критерію Стюдента (t -критерію) для вибраного показника значимості (0,95) й ступеня свободи [8]. Провівши порівняння кожного коефіцієнта, дійшли висновку що всі коефіцієнти значимі.

Придатність рівняння регресії для опису реальної залежності критерію оптимізації від факторів проводилось з використанням критерію Фішера (F -критерій) за відомою методикою [8–10] з умов (2).

$$F_p \leq F_T - \text{модель адекватна}, \quad F_p \geq F_T - \text{модель не адекватна}, \quad (2)$$

де: F_T – табличне значення F -критерію для ступеня вільності головної дисперсії $f_1= 3$ та дисперсії адекватності $f_2= 36$ – становить $F_T = 2,9$ [8–10]; $F_{роз}$ – розрахункове значення критерію Фішера буде рівне $F_{роз} = 0,1163$.

Враховуючи $F_p \leq F_T$, тому з 95% ймовірністю можна констатувати, що модель адекватна. Графічно рівняння регресії представлено у вигляді тривимірної площини, наведено на рис. 1. Важливим було оцінити вплив вакуумметричного тиску P_i і діаметра $d_{пер}$ перепускного отвору на тривалість t наповнення повітрям камер змінного ваку-

умметричного тиску системи “доїльний стакан-пульсатор”. Для цього побудували методом двовірних січень лінії рівневого виходу критерію обґрунтування [7] (рис. 2).

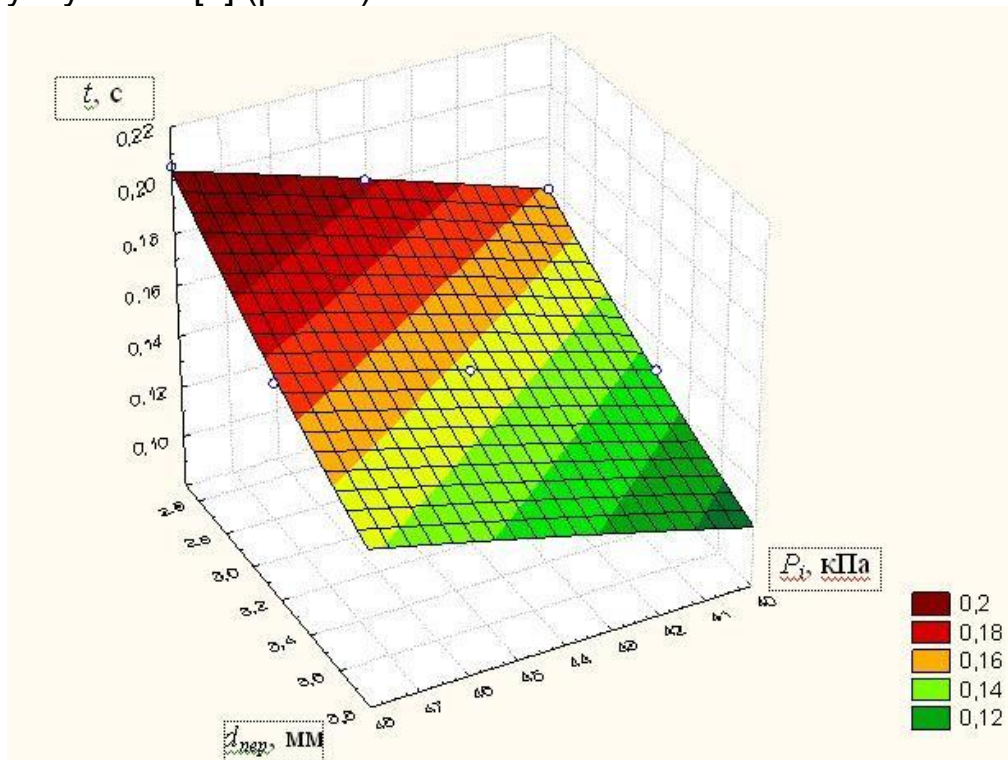


Рис. 1. Залежність тривалості t наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан-пульсатор” від діаметра $d_{пер}$ перепускного отвору пульсатора і вакуумметричного тиску P_i .

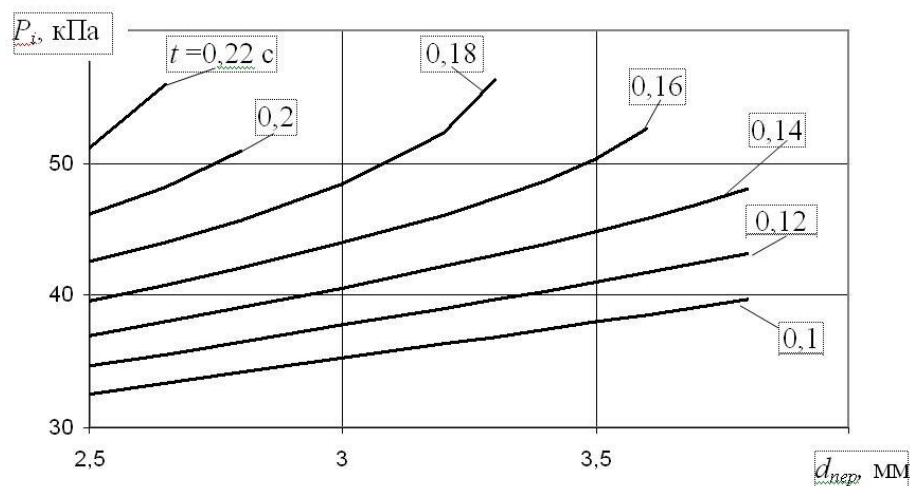


Рис. 2. Вплив вакуумметричного тиску P_i від діаметра $d_{пер}$ перепускного отвору на тривалість t наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан – пульсатор”.

Аналіз отриманих поверхонь показав, що на тривалість наповнення повітрям найбільше впливає діаметр перепускних отворів

пульсатора. За його зменшення тривалість наповнення повітрям зростає нелінійно.

При порівнянні теоретичних і експериментальних результатів досліджень (рис. 3), було виявлено відхилення. Відхилення експериментальних даних від теоретичного моделювання [4] тривалості наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан – пульсатора” знаходиться в межах 3,4–25,4 %. Найбільше відхилення 25,4 % є за вакуумметричного тиску $P_i = 44$ кПа і діаметра перепускного отвору пульсатора $d_{пер} = 3,8$ мм, за вакуумметричного тиску $P_i = 40$ кПа і діаметра перепускного отвору пульсатора $d_{пер} = 3,8$ мм відхилення теоретичних від експериментальних даних становить 21,2 %.

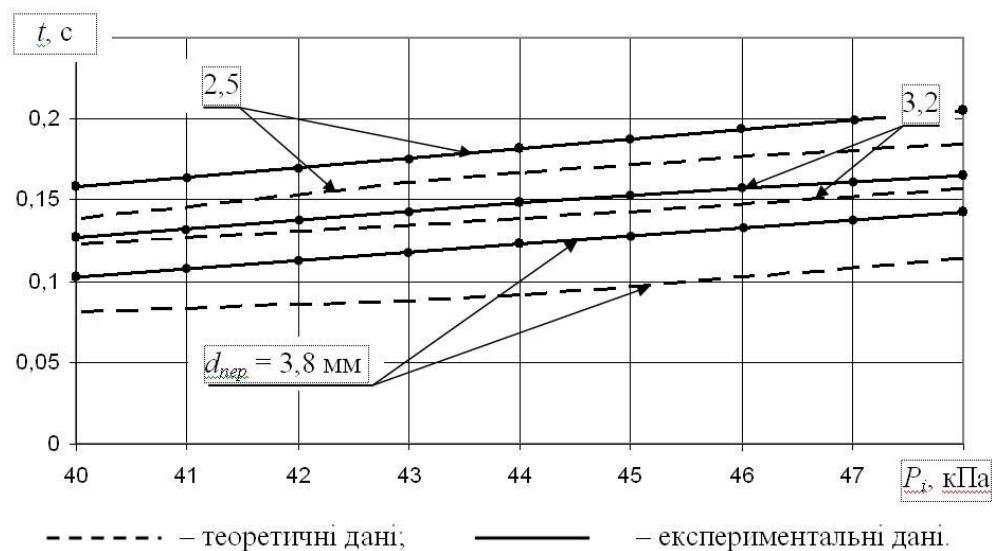


Рис. 3. Залежність тривалості t наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску від вакуумметричного тиску P_i і діаметра $d_{пер}$ перепускного отвору пульсатора.

Для узгодження теоретичних залежностей з експериментальними даними в рівняння для розрахунку тривалості наповнення повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи “доїльний стакан – пульсатор” вводимо коефіцієнт 1,05.

Висновки

Результати експериментальних досліджень підтвердили теоретичні дослідження. Встановлено, що тривалість наповнення t повітрям камер змінного вакуумметричного тиску системи „доїльний стакан-пульсатор” зростає із зменшенням діаметра перепускного отвору $d_{пер}$ пульсатора, і при зростанні вакуумметричного тиску P_i .

Аналіз отриманих експериментальних моделей дає змогу рекомендувати раціональні параметри пневмоелектромагнітного пульсатора за умови забезпечення режиму безударного плавного змикання дійкової гуми доїльного стакана при вакуумметричному тиску

$P_i = 48$ кПа і об'ємі камер змінного вакуумметричного тиску системи "доїльний стакан – пульсатор" $V = 10^{-4}$ м³.

Режим безударного змикання дійкової гуми доїльного стакана забезпечується тривалістю наповнення повітрям t камер змінного вакуумметричного тиску в межах $0,155 \text{ с} \leq t \leq 0,165 \text{ с}$ при діаметрі перепускного отвору пульсатора $d_{\text{пер}} = 3,2\text{--}3,4$ мм.

Список літератури

1. *Дмитрів В.Т.* Моделирование времени истечения воздуха из ограниченного пространства / *В.Т. Дмитрів, И.В. Дмитрів* // Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin, 2013. – Vol. 15, № 4. – P. 193–197.
2. *Dmytriv I.* Development of mathematical model of duration of filling the finite-dimensional space with air at vacuum-gauge pressure / *I. Dmytriv* // An International quarterly journal on economics in technology new technologies and modeling processes. – Lublin-Rzeszow, 2014. – Vol. 3. № 4. – P. 45–48.
3. *Адамчук В.В.* Адаптивный доильный аппарат с пневмоэлектромагнитным пульсатором / *В.В. Адамчук, В.Т. Дмитрів, И.В. Дмитрів* // Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin, 2015. – Vol. 17, № 9. – P. 83–87.
4. *Дмитрів В.Т.* Модель витрати повітря елементами доїльного апарата / *В.Т. Дмитрів* // Вісник Львівського держ. аграр. ун-ту : Агроінженерні дослідження. – 2006. – №10. – С. 483–488.
5. *Дмитрів В.Т.* Модель відкачування повітря з камер змінного вакуумметричного тиску доїльного апарата / *В.Т. Дмитрів, І.В. Дмитрів* // Вісник Харківського нац. техн. ун-ту с.г. ім. Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2013. – Вип. 132. – С. 207–212.
6. *Патент* на корисну модель № 100076, Україна МПК А01J5/14 (2006.01). Адаптивний пневмоелектромагнітний пульсатор / *В.В. Адамчук, І.В. Дмитрів* ; заявник і патентовласник *Дмитрів І.В.* ; заявл. 29.12.2014; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 13.
7. *Дмитрів І.В.* Багатофакторне моделювання відкачування повітря в системі "доїльний стакан-пульсатора" / *І.В. Дмитрів* // Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – 2014. – № 18. – С. 99–105.
8. *Мельников С.В.* Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / *С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин.* – 2-е изд., пер. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1980. – 168 с.
9. *Адлер Ю.П.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / *Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский.* – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
10. *Красовский Г.И.* Планирование эксперимента / *Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов.* – Мн.: Изд-во БГУ, 1982. – 302 с.

Проведен анализ результатов экспериментальных исследований продолжительности процесса наполнения воздухом камер переменного вакуумметрического давления системы "доильный стакан – пульсатор" до номинального атмосферного давления.

Проанализировано влияние конструкционно-технологических параметров пульсатора на временные характеристики режима работы доильного аппарата.

Доильный аппарат, пневмоелектромагнитный пульсатор, вакуумметрическое давление, продолжительность откачки, система «доильный стакан – пульсатор».

The analysis of experimental results duration of filling air chambers variable vacuum pressure system "glass – milking pulsator" to nominal atmospheric pressure. Influence of structurally and technological parameters to pulsator mode of temporal characteristics of milking machine.

Milking machine, air-elektromagnit pulsator, vacuum pressure, pumping duration, system "glass – milking pulsator".

УДК 631.3

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ І ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ПНЕВМОМЕМБРАННИХ ПУЛЬСАТОРІВ ПОПАРНОЇ ДІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ЇХ РОБОТИ

**В.М. Сиротюк, кандидат технічних наук
С.М. Баранович, магістр
Львівський національний аграрний університет**

В статті представлено аналіз існуючих конструкцій з пневматичним мембранним пульсатором попарно з'єднаних, який показав, що в них умова оптимального співвідношення тривалості тактів всмоктування і стиснення не передбачено. Тому пропонується нова конструкція пневмомембранного пульсатора, який виконано з двох частин, одна з яких ведуча, а друга ведена.

Пульсатор попарний, такт, вакуум, вакуумна мережа, доїльний апарат.

Постановка проблеми. Для забезпечення високої ефективності процесу доїння корів необхідно адаптувати режим роботи доїльного апарата до інтенсивності молоковіддачі. У зв'язку з тим, що режим роботи доїльного апарата характеризується частотою пульсацій, співвідношенням тактів і величиною вакуумметричного тиску

© В.М. Сиротюк, С.М. Баранович, 2015

в робочих камерах доїльного стакана, то особливо це стосується пульсаторів доїльних апаратів, які забезпечують керування ритмом доїння і співвідношенням тактів. Пульсатори, які забезпечують процес попарного доїння, де заміна тактів проходить по чергово у парах доїльних стаканів, мають ряд переваг порівняно з синхронними: мінімальний взаємний вплив роботи доїльних апаратів при одночасній роботі, покращення роботи вакуумної мережі, часткове запобігання процесу "наповзання" доїльних стаканів на дійки в кінці доїння; здійснюється імітація масажу вим'я.

Провідні фірми світу, що займаються розробкою і реалізацією на ринку доїльних апаратів, "Vestfalia-separator", "Impulsa", "Alfa laval", АТ "Брацлав" та інші, віддають перевагу саме пульсаторам попарного доїння. Проаналізувавши роботу існуючих пульсаторів, які найбільш поширені в Україні можна сказати наступне. Пульсатор доїльного апарата "Impulsa" М-59 і М-66 робочий процес якого за рахунок жорсткого з'єднання блоків клапанів планкою. Однак за рахунок такого з'єднання блоків клапанів можливо реалізувати попарне доїння з співвідношенням тактів ссання до стиску лише як 50:50, що не відповідає фізіологічним вимогам співвідношення тактів для попарних доїльних апаратів, яке повинно становити близько 70:30.

Одним із можливих варіантів реалізації попарного доїння з оптимальним співвідношенням тактів є використання двох незалежно працюючих пульсаторів один з яких обслуговує одну пару дійок, а другий іншу, наприклад, доїльний апарат розроблений в НУБіП. В даному доїльному апараті за рахунок неминучого неспівпадання частот пульсації окремих пульсаторів відбувається неперервне зміщення фаз індикаторних діаграм тисків, а відповідно, тому частину часу доїльний апарат працює у синхронному режимі, а частину в попарному. Цього недоліку не має пульсатор "Impulsa-90" (рис. 1). Складається даний пульсатор з корпусу 1, клапанів 2 і 5, мембран 3 і 4, дроселя 6 і фільтра 7. Клапан 2 з'єднаний з мембраною 3, клапан 5 з мембраною 4. Клапани між собою не з'єднані і клапан 5 являється сідлом клапана 2. Він має шість робочих камер, з яких $1p_1$ і $1p_2$ – постійного вакуумметричного тиску, $2p_1$, $2p_2$ і $4p$ змінного вакуумметричного тиску, $3p$ постійного атмосферного тиску. Причому, камера $4p$ є керуючою [2, 4].

Аналогічні функції реалізує пульсатор схема якого показана на (рис. 2). Цей пульсатор має 12 камер: камера $1n$ – постійного вакуумметричного тиску, 2^1n і 2^2n – змінного вакуумметричного тиску, $3n$ – постійного атмосферного тиску, 4^1n і 4^2n змінного вакуумметричного тиску (керуючі), 5^1n і 5^2n камери управління положенням нижньої осі 5 і клапана 3 та камери 6^1n і 6^2n – управління положенням верхньої осі 4 і клапана 2. Нижні мембрани 8, вісь 5 і клапан 3 мають два стій-

ких (ліве і праве) положення. Наявність в одній із камер 5^1n або 5^2n вакуумметричного тиску може змінити положення осі 5 та клапана 3 на протилежне внаслідок дії атмосферного тиску на одну з мембран 8. Керуючі камери 4^1n або 4^2n з'єднані між собою каналом переріз якого можна змінювати регулювальним гвинтом 6, тому вісь 4 з клапаном 2 і мембранами 7 змінюють своє переміщення з затримкою в часі.

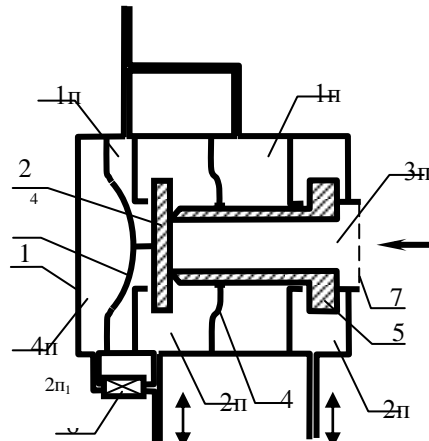


Рис. 1. Схема пульсатора "Impulsa-90": 1 – корпус; 2, 5 – клапани; 3, 4 – мембрани; 6 – дросель; 7 – фільтр.

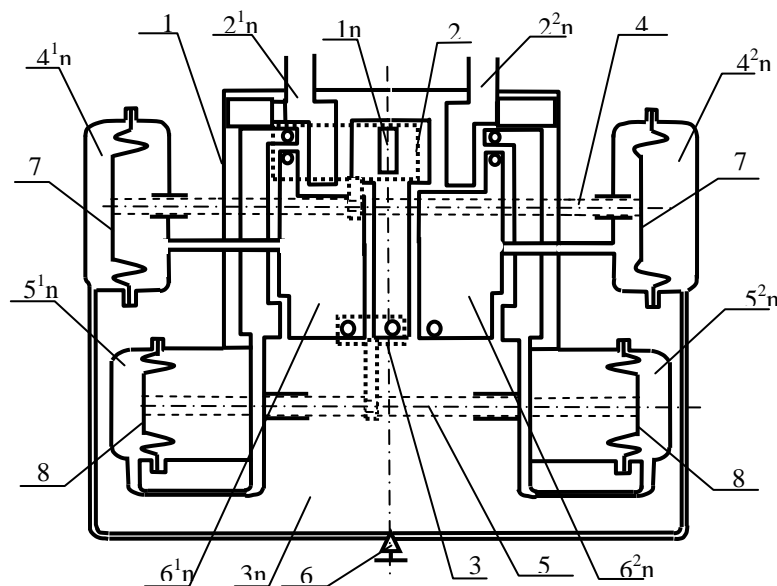


Рис. 2. Схема попарного пульсатора: 1 – корпус; 2 – верхній клапан; 3 – нижній клапан; 4 – вісь верхня; 5 – вісь нижня; 6 – регулювальний гвинт; 7 – мембрани верхні; 8 – мембрани нижні.

Реалізація режиму попарного доїння може бути забезпечена застосуванням електромагнітних пульсаторів, але даний тип пульсаторів потребує додаткової енергетичної мережі або джерела живлення, що приводить до збільшення затрат коштів, як на монтаж даної системи так і на її експлуатацію.

Метою досліджень є розробка попарного пневмомембранного пульсатора з оптимальним і регульованим співвідношенням тактів виконаного на базі уніфікованого доїльного апарата АДУ-1 і підтвердження його роботоздатності.

Результати дослідження. Як видно з аналізу існуючих пульсаторів в них не передбачено корекцію співвідношення тактів окремо в одній із пар доїльних стаканів, що неуможливорює пристосування доїльного апарату до асиметрії вим'я обумовлене індивідуальними особливостями тварини. Цей недолік можна усунути якщо пульсатор виконати з двох секцій на базі уніфікованого синхронного пульсатора АДУ-1, кожна з яких має блок клапанів, не зв'язаних механічно між собою, які розташовані одна над другою співвісно, і з'єднаних між собою таким чином, що камера постійного атмосферного тиску нижньої ведучої секції межує з камерою змінного вакуумметричного тиску верхньої веденої, яка має додатковий отвір, що з'єднує її з атмосферою через додатковий клапан. Додатковий клапан з'єднаний механічно з блоком клапанів ведучої секції, а камери постійного вакуумметричного тиску обох секцій з'єднані між собою каналом, який з'єднується з джерелом вакуумметричного тиску [1, 4].

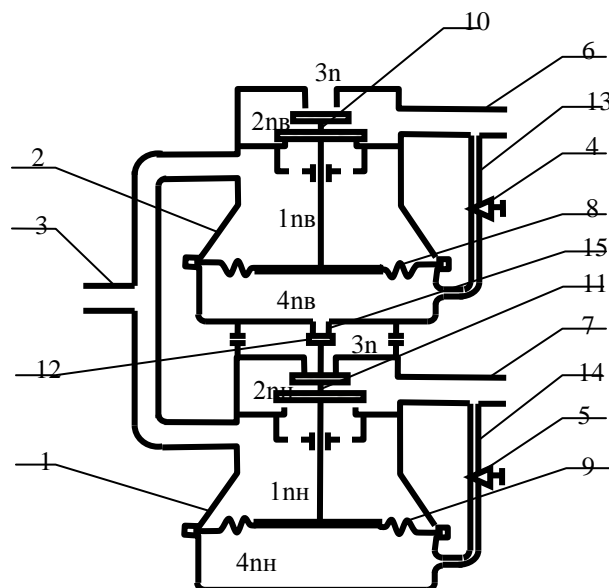


Рис. 3. Попарний пневмопульсатор: 1, 2 – корпуси; 3, 6, 7 – патрубки; 4, 5 – дроселі; 8, 9 – мембрани; 10, 11, 12 – клапани; 13, 14, 15 – канали.

Запропонований пневмомембранний пульсатор (рис. 3) попарного доїння працює наступним чином. Під час приєднання патрубка 3 до вакуумпроводу у камерах 1пв і 1пн встановлюється вакуумметричний тиск, а у камерах 4пв і 4пн залишається атмосферний тиск. За рахунок різниці тисків між камерами 4пв і 1пв та 4пн і 1пн під дією

атмосферного тиску на мембрани 8 і 9 клапанні блоки обох секцій займають верхнє положення і додатковий клапан 12 прилягає до сідла 15. У камерах 4пв і 4пн понижується тиск за рахунок відсмоктування повітря через відповідні дросельні канали у камери 2пв і 2пн, в яких в даний момент часу є вакуумметричний тиск за рахунок сполучення їх з камерами 1пв і 1пн.

У певний момент часу, зумовлений настройкою дроселя 4, що відповідає умовам початку руху клапанного блока 10 він раптово займає нижнє положення за рахунок сил, що діють на клапан з боку камери 3пв. В той час клапанний блок ведучої секції 11, ще знаходиться у верхньому положенні за рахунок відповідної настройки дроселя 5. У наступний проміжок часу, зумовлений регулюванням дроселя 5, блок клапанів веденої секції також займе нижнє положення, сполучивши при цьому камери 3пн і 4пв за рахунок відкривання додаткового клапана 12. За рахунок впуску атмосферного повітря з камери 3пн у 4пв і за рахунок дії атмосферного тиску на мембрану 8 блок клапанів веденої секції займе верхнє положення.

У камеру 4пн через дросельний канал 14 надходить повітря з камери 2пн, яка в даний момент часу з'єднана з камерою 3пн і від'єднана від камери 1пн, і коли тиск в ній відповідатиме умовам переходу блока клапанів ведучої секції в верхнє положення. Таке положення клапанів відповідає початковому стану секцій, і відповідно процес повторюється.

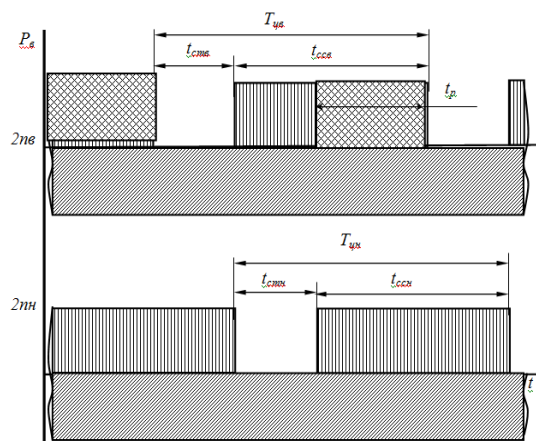


Рис. 4. Індикаторна діаграма роботи пульсатора: $\square\square\square\square$ - в міжстіночній камері доїльного стакана; $\square\square\square$ - в піддійковій камері доїльного стакана; $\square\square\square$ - ділянка діаграми де можливе регулювання співвідношення тактів у веденій секції пульсатора.

Зміщення фаз тактів веденої і ведучої секцій здійснюється настройкою тривалості перебування верхнього блока клапанів у верхньому положенні за умови від'єднання камери 4пв від камери 3пн додатковим клапаном. Індикаторні діаграми тисків у камерах 2пв і

2пн описаного процесу роботи пневмомембранного пульсатора попарного доїння зображено на рис. 4. Як видно з індикаторних діаграм (рис. 4), процес попарного доїння відбувається за оптимального співвідношення тривалостей тактів ссання і стиску в обох парах доїльних стаканів зі зміщенням фаз чергування тактів за умови співвідношення тактів, що відповідало б фізіології корів, а з вище описаної роботи пульсатора, наявність дроселя 5 дозволяє регулювати ритм доїння, а дросель 4 забезпечує регулювання співвідношення тактів ссання t_{ccv} до такту стиску t_{ctv} у веденій частині пульсатора, що не реалізовано у проаналізованих пульсаторах.

Програмну частину комплексу для дослідження доїльних апаратів попарного доїння забезпечує програмний комплекс LabVIEW фірми National Instruments [3, 5, 6]. Експериментально отримані індикаторні діаграми роботи (рис. 5) новоствореного пневмомембранного пульсатора попарної дії унаочнювались і реєструвались на ПК у режимі реального часу.

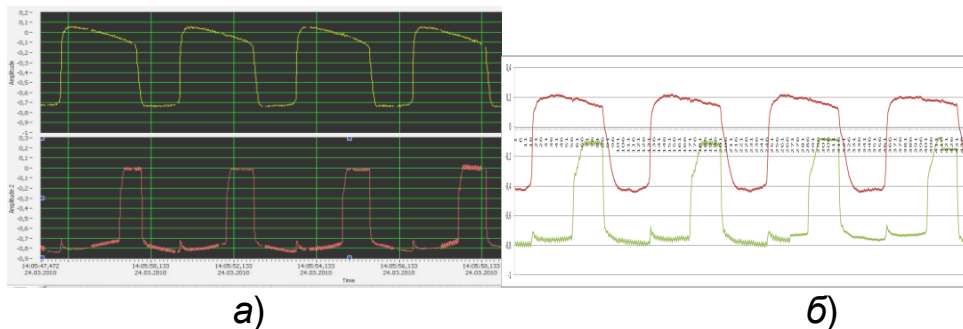


Рис. 5. Експериментально отримані індикаторні діаграми роботи пневмомембранного пульсатора попарної дії, відтворені в програмних середовищах: а) LabVIEW; б) Excel.

Рівняння регресії залежності співвідношення тактів від вакууметричного тиску, інтенсивності молоковіддачі та частоти пульсацій з натуральними значеннями змінних для ведучої секції:

$$t_{cc1} / t_{cm1} = 1,76659943 + 18460,264 \cdot V + 0,00001199 \cdot P - 0,3632890 \cdot P \cdot V - \nu(0,0278079 + 23375,53698 \cdot V + 0,00001362 \cdot P - 0,412828 \cdot P \cdot V), \quad (1)$$

а веденої:

$$t_{cc2} / t_{cm2} = 5,207860376 - 52898,4085755 \cdot V - 0,00004013 \cdot P + 1,216055 \cdot P \cdot V - \nu(2,8776177 - 60111,8279 \cdot V - 0,0000456 \cdot P + 1,38181 \cdot P \cdot V). \quad (2)$$

Співвідношення тактів ведучої секції пульсатора за стабільної частоти пульсацій ($\nu = \text{const}$) $\nu = 0,88$ Гц за рекомендованого вакууметричного тиску в межах від 35000 до 52000 Па та інтенсивності молоковіддачі $0,00001333 - 0,00005333$ м³/с забезпечується співвідношення тактів 1,6–1,7 для ведучої секції пульсатора і 2,7 для веденої. Таким чином, зміна співвідношення тактів не залежить від ваку-

мметричного тиску, а вплив молоковіддачі має лише вплив на ведучу секцію пульсатора. На ведену секцію ці фактори не мають значущого впливу. Вплив молоковіддачі та частоти пульсацій на роботу пульсатора (співвідношення тактів t_{cc}/t_{ct}) відображено на рис. 6.

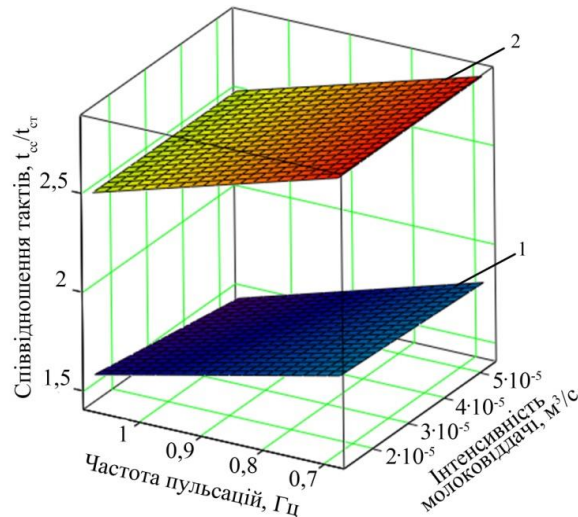


Рис. 6. Залежність співвідношення тактів ведучої 1 і веденої 2 секцій пульсатора від молоковіддачі та частоти пульсацій.

Аналізуючи поверхні відгуку можна стверджувати, що за інтенсивності молоковіддачі $0,00001333\text{--}0,00005333\text{ м}^3/\text{с}$ і частоти пульсацій $0,68\text{--}1,08\text{ Гц}$ забезпечується співвідношення тактів $1,4\text{--}1,8$ для ведучої секції пульсатора і $2,45\text{--}2,9$ для веденої. Зміна співвідношення тактів від частоти пульсацій та інтенсивності молоковіддачі має більш виражену дію на ведучу секцію пульсатора, а на ведену секцію цей вплив має лінійний характер за умови середнього значення вакуумметричного тиску $P = 43500\text{ Па}$.

Співвідношення тактів ведучої секції пульсатора за стабільної інтенсивності молоковіддачі ($V=\text{const}$) $V=0,00003333\text{ м}^3/\text{с}$ за рекомендованого вакуумметричного тиску в межах від 35000 до 52000 Па і частоти пульсацій $0,68\text{--}1,08\text{ Гц}$ забезпечується співвідношення тактів $1,5\text{--}1,8$ для ведучої секції пульсатора і $2,5\text{--}2,9$ для веденої. Таким чином, співвідношення тактів від вакуумметричного тиску не змінюється, а від частоти пульсацій має більш виражений лінійний вплив на обидві секції пульсатора. Незначний вплив вакуумметричного тиску простежувався під час визначення значущості коефіцієнтів у рівняннях регресії.

Процес доїння корів доїльним апаратом із запропонованим пневмомембранним пульсатором попарної дії здійснювався за робочого вакуумметричного тиску $35000\text{--}52000\text{ Па}$. Відносна тривалість такту ссання у ведучій секції складала $60\pm 5\%$, стиснення – $40\pm 5\%$, а у веденій відповідно $70\pm 5\%$ і $30\pm 5\%$ за частоти пульсацій $0,8\text{--}1\text{ Гц}$.

У результаті перевірки у виробничих умовах роботи доїльного апарата, обладнаного пульсатором з регульованою тривалістю такту ссання у веденій секції, підтверджено його працездатність (рис. 7).

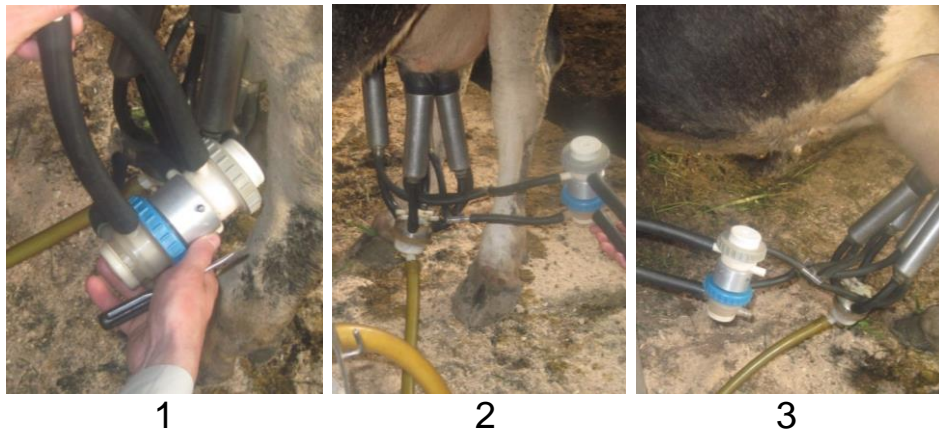


Рис. 7. Просторова орієнтація пульсатора доїльного апарата під час роботи: близьке до горизонтального (1); близьке до вертикального (2); під кутом (3).

Встановлено, що орієнтація в просторі пульсатора не впливає на коректність його роботи.

Висновок. Запропонована схема попарного пневмопульсатора забезпечує: оптимальне співвідношення тактів, що відповідає рефлекторній діяльності тварини; незалежне регулювання співвідношення тактів в обох парах доїльних стаканів, що забезпечить роботу доїльного апарата у відповідності до фізіологічних особливостей корів; зменшення затрат коштів і часу на впровадження у виробництво, за рахунок використання уніфікованих вузлів; застосування програмного комплексу LabView фірми National Instruments дозволило підтвердити реалізацію режиму попарного доїння, відобразивши миттєві значення зміни тиску у відповідних камерах пульсатора в реальному масштабі часу.

Список літератури

1. Декларативний патент на винахід 53890А Україна, А01J5/04. Пневмомембранний пульсатор попарного доїння / Сиротюк В.М., Сиротюк С.В., Баранович С.М. – № 2002010477 ; заявл. 18.01.02 ; опубл. 17.02.03, Бюл. №2.
2. Deutsches patentamt DE3722363A1. А01J5/12. Wechseltakt-Membranpulsator mit Phasenverschiebung / Spillecke, Volkmar. Dipl.-Ing., ODR 7904 Elsterwerda, DD; Milde, Klaus, Dipl.-Ing., DDR 7901 Maasdorf, DD; Tutte, Alfred, DDR 7907 Plessa, DD. – 18.08.86.
3. Пейч Л.И. LabVIEW для новичков и специалистов / Л.И. Пейч, Д.А. Точилин, Б.П. Поллак. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 384 с.
4. Сиротюк В.М. Сучасні тенденції розробки пульсаторів доїльних апаратів / В.М. Сиротюк, С.В. Сиротюк, С.М. Баранович // Вісник Львівського державного аграрного університету : Агроінженерні дослідження. – 2004. – № 8. – С. 177–186.

5. Сиротюк В.М. Апаратно-програмний комплекс для дослідження доїльних апаратів попарної дії / В.М. Сиротюк, С.М. Баранович // Вісник Львівського національного аграрного університету : Агроінженерні дослідження. – 2008. – № 12, т. 1. – С. 314–317.
6. Syrotiuk V.M. Analysis of constructions of pneumatic membrane pulsers of pair action and substantiation of their operation modes / V.M. Syrotiuk, S.M. Baranovych, S.V. Syrotiuk // Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, 2011. – Т. 13D. – Р. 309–317.

В статье представлен анализ существующих конструкций с пневматическим мембранным пульсатором попарно соединенных, который показал, что в них условие оптимального соотношения продолжительности тактов всасывания и сжатия не предусмотрено. Поэтому предлагается новая конструкция пневмомембранного пульсатора, выполненная из двух частей, одна из которых ведущая, а вторая ведомая.

Пульсатор попарный, такт, вакуум, вакуумная сеть, доильный аппарат.

In paper the analysis of existing designs pneumatically of membranous pulsators pairwise suct has shown, that in them the condition of an optimum ratio of duration of clock ticks a suction and compressions is not provided. A new design of pneumomembranous pulsator therefore is offered, which one is made from two sections, one of which is leading, and second conducted.

Pulsator pairwise, synchronic, clock tick, vacuum, vacuum network, dairy milking.

УДК 631.3

ЕНЕРГООЩАДНА ТЕХНОЛОГІЯ МАШИННОГО ДОЇННЯ ВРХ

М.І. Магац, магістр

Львівський національний аграрний університет

Машинне доїння – один з найскладніших і вимогливих процесів виробництва молока, яке засноване на комбінації молочного повернення та молочного доїння. Гарантувати режим функціонування машинного доїння потребувало значних втрат потужності, пов'язаних з багатоступеневим перетворенням в механічну енергію, механічну – при постійному вакуумному тиску, вакуумному тиску – на механічному і наступному перетворенні в пульсуючий тиск.

© М.І. Магац, 2015

Вакуумметричний тиск, сиффон, машинне доїння, енергоємність.

Постановка проблеми. Виведення молока з вим'я тварини – це складний біотехнічний процес, в якому є дві складові: біологічна і технічна, що становлять основу системи оператор – машина – тварина – середовище.

За умови узгодження параметрів цієї системи здійснюється вплив на енергоємність виробництва молока, а відповідно вплив на одиницю внутрішнього валового продукту в Україні, позаяк цей показник є у 2,6 рази вищим, ніж у розвинутих країнах світу.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз енергетичного аспекту процесу машинного доїння показав, що системи енергозабезпечення сучасних доїльних машин мають низький коефіцієнт використання підведеної енергії. Насамперед це пояснюється складністю вакуумних систем, а саме багатостадійного перетворення електроенергії на механічну, механічної – на постійний вакуумметричний тиск, а далі – на пульсуючий [1, 2].

Мета досліджень – підвищення ефективності процесу машинного доїння корів удосконаленням його режимів, завдяки технологічного рішення підведення енергії пульсуючого вакуумметричного тиску в піддійковій камери доїльних стаканів.

Задачі досліджень – проаналізувати стан теорії і практики, на яких базується процес роботи доїльних апаратів і розробити технологічну схему енергоощадного доїльного апарата.

Результати досліджень. Процес виведення молока з вим'я тварини належить до технічних задач, які повинні бути цілковито узгоджені з фізіологічними аспектами машинного доїння, адже доїльний апарат безпосередньо контактує з твариною і суттєво впливає на рефлекторну її діяльність.

Вчені-фізіологи неоднозначно ставляться до стимуляції молоковіддачі доїльними технічними засобами. Тому до кінця так і не встановлено вплив доїльного апарата на тварину. Але постійне вдосконалення конструкцій доїльних машин і зміни режимів процесу їх роботи створює умови до якомога повнішого виведення молока з вим'я тварини без шкідливих наслідків.

Дослідження, проведені науковими працівниками в різних країнах, показали, що вихідними параметрами доїльних апаратів є: частота пульсації, вакуумметричний тиск і співвідношення тактів. На думку вчених-фізіологів, частота пульсації повинна бути в межах 0,835–2,3 Гц, вакуумметричний тиск – 33–52 кПа, співвідношення тактів – 50/50, 60/40, 70/30, ці параметри є функціонально залежними від інтенсивності молоковіддачі (рис. 1) [3–5].

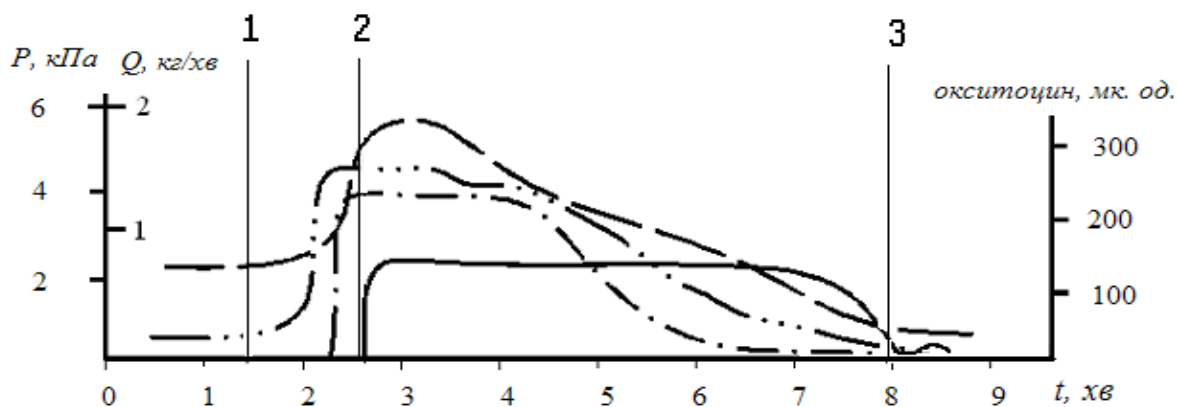


Рис. 1. Схема основних процесів молоковіддачі та евакуації молока: 1 – фаза початку стимуляції; 2 – фаза під'єднання доїльного апарата; 3 – фаза наповнення стаканів; $-\cdot-\cdot-$ – виділення окситоцину; $-\cdot-$ – тиск у цистерні дійки; $-\cdot-\cdot-$ – виведення молока; $—$ – евакуація молока апаратом.

Відповідно, приведена потужність електроприводу доїльних апаратів знаходиться в межах від 0,4 до 2 кВт/д.ап., що свідчить про значне споживання електроенергії доїльними машинами, які використовуються в індивідуальних і великих молочних підприємствах.

Усі сучасні доїльні машини, виконані за класичною структурною схемою, зображеною на рис. 2.

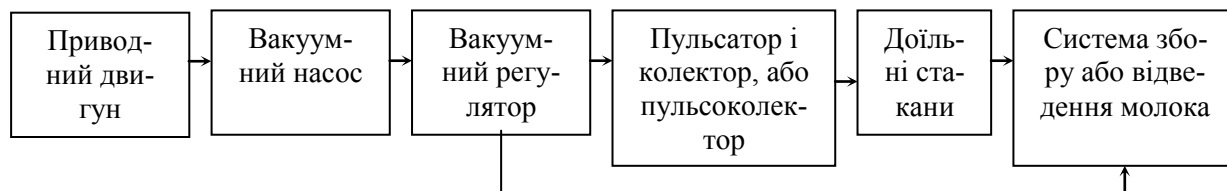


Рис. 2. Структурна схема доїльної машини з доїльними апаратами вакуумного типу.

У таких системах зазвичай використовують складні за будовою вакуумні насоси, регулятори вакууму, в яких підтримання вакуумметричного тиску в магістралі здійснюється в основному за рахунок впуску певної кількості атмосферного повітря у вакуумну магістраль, яка залежить як від технічного стану вакуумного насоса, так і герметичності та вакуумпровідної арматури, а також від режиму роботи доїльної машини. При цьому непродуктивно використовується вакуумний насос і спостерігаються значні затрати енергії на відкачування повітря, яке впускають у магістраль через вакуумний регулятор.

Сучасна теорія доїльних апаратів зводить до визначення: витрати повітря, частоти пульсацій, співвідношення тактів та обґрунту-

вання вибору конструктивних складових пульсоколектора чи пульсатора. Витрата повітря доїльними апаратами залежить від величини вакуумметричного тиску, об'єму вакуумних магістралей, типу доїльної машини.

Аналізуючи теорію з визначення параметрів режимів роботи доїльних машин і враховуючи значні здобутки вчених у цьому напрямі, можна зробити висновок, що в їхніх дослідженнях все ж таки не знайшла належного відображення енергетика процесу машинного доїння. Враховуючи встановлене твердження, що втрати електроенергії є суттєвими в процесі роботи доїльних апаратів, виникає необхідність додаткового дослідження взаємодії між конструктивними, кінематичними, технологічними та іншими факторами з енергетичними показниками електроприводу доїльних машин.

Для зменшення енергетичних показників пропонується доїльний апарат технологічна схема якого показана на рис. 3, в якому енергія від приводу підводиться безпосередньо до піддійкового простору доїльного стакана. Цей апарат може працювати за двотактним режимом з чергуванням тактів ссання – відпочинок.

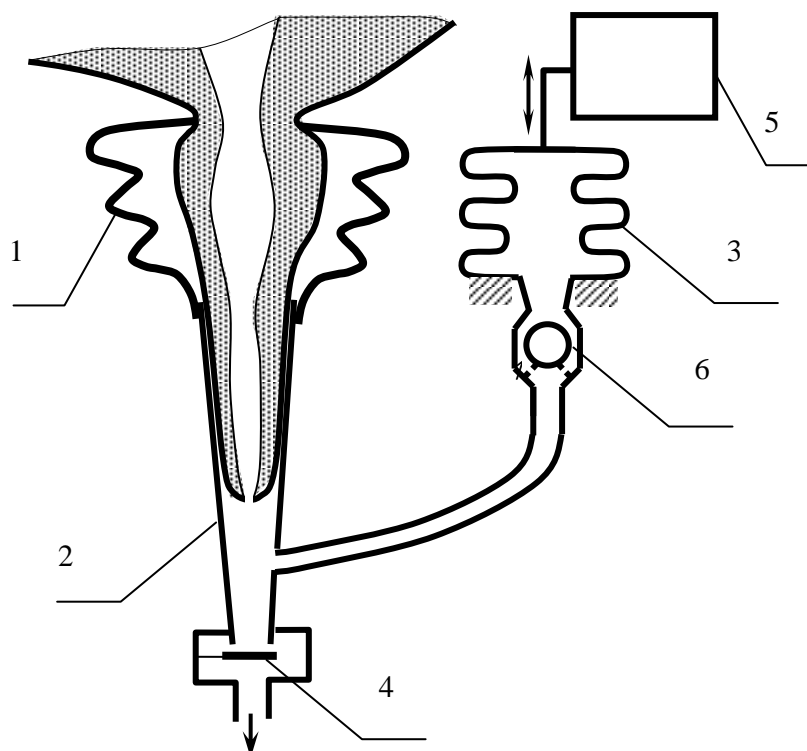


Рис. 3. Технологічна схема доїльного апарата: 1 – гофрований гумовий присосок; 2 – корпус; 3 – сильфон; 4 – клапан; 5 – електромеханічний привод; 6 – зворотний клапан.

У такті ссання в піддійковій камері створюється вакуумметричний тиск за рахунок збільшення об'єму сильфона та закривання пе-

репускного клапана і вона заповнюється молоком, що надходить з цистерни вим'я через сфінктер дійки. У такті відпочинку за рахунок зменшення об'єму сильфона тиск у піддійковій камері збільшується і вона звільняється від молока через клапан, що відкривається за рахунок часткового збільшення тиску та сил гравітації.

Висновок. Запропонована технологічна схема енергоощадного доїльного апарата дозволить зменшити енергозатрати у 10 разів.

Список літератури

1. Кукта Г.М. Механизация и автоматизация животноводства : учеб. пособие / Г.М. Кукта, А.Л. Колесник, С.Г. Кукта. – К.: Выща школа, 1990. – 335 с.
2. Сиротюк В.Н. Энергетические аспекты процесса машинного доения / В.Н. Сиротюк, Ю.М. Татаренко, М.И. Магац // Новые направления развития технологий и технических средств в молочном животноводстве : материалы VIII Междунар. симп. по вопрос. маш. доения сельскохоз. животных : тез. докл., 27–29 июня 2006 г. – Минск, 2006. – С. 179–182.
3. Фененко А.І. Аналіз розвитку молоковакуумних систем доїльних установок / А.І. Фененко, В.Т. Дмитрів // Теорія і практика розвитку АПК : матеріали Міжнар. наук.-практ. форуму, 19–20 вересня 2006 р. – Львів, 2006. – Т. 2. – С. 80–90.
4. Шацкий В.В. Перспектива развития технико-технологического обеспечения молочного животноводства / В.В. Шацкий, А.Г. Скляр, С.М. Коломиец // Механізація і електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2010. – Вип. 84. – С. 82–87.
5. Шукин С.И. Эффективный доильный аппарат / С.И. Шукин, В.Л. Аванесов, И.Е. Петров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 4. – С. 12–13.

Машинное доение - один из самых сложных и требовательных процессов производства молока, которое основано на комбинации молочного возвращения и молочной добычи. Гарантировать режим функционирования доения машин потребовало значительных потерь мощности, связанных с многоступенчатым превращением его в механическую энергию, механическую – при постоянном вакуумном давлении, вакуумном давлении – на механическом и последующем преобразовании в пульсирующее давление.

Вакуумное давление, сильфон, машинное доение, энергия.

Machine milking – one of the most challenging and demanding processes of milk production, which is based on a combination of milk return and milk output. To ensure the operation mode of milking machines required significant power losses associated with multistage turning it into mechanical energy, mechanical – in at constant vacuum pressure, vacuum pressure – on mechanical and subsequent conversion to pulsating pressure.

Vacuum pressure, format variable, machine milking, energy.

ДИНАМІКА ЗМІНИ ТИСКУ В ОБ'ЄМАХ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОЇ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

О.В. Медведський, здобувач*

Житомирський національний агроекологічний університет

Отримані результати теоретичних досліджень вказують на суттєвий вплив співвідношення об'ємів складових вакуумної системи на характер процесу зміни тиску в об'ємі молокозбірної місткості, від рушійної різниці тисків залежить кінцева величина тиску стабілізації. Отримана адекватна математична модель зміни тиску в молокозбірнику від початкового значення до тиску стабілізації. Доведено позитивний вплив вакуумного балона на забезпечення якісних технологічних показників роботи вакуумної системи, зокрема, підтримання вищого рівня стабільності початкового тиску у вакуум-проводі.

Вакуумна система, вакуумний балон, тиск, вакуум-провід, стабілізація.

Постановка проблеми. Мобільні доїльні установки мають широкий спектр застосування, як у приміщеннях для утримання корів так і на пасовищах (за умови комплектування двигуном внутрішнього згорання). Порівняльний аналіз [8, 10] відомих систем доїння вказав на значно вищу продуктивність, менші затрати праці та меншу питому енерго- та металомісткість пересувних систем доїння порівняно із стаціонарними доїльними установками, за умови однакової кількості одночасних короводоїнь. Вказані переваги, компактність та незначна вартість робить доїльну установку даного типу найбільш привабливим варіантом для забезпечення механізації процесу машинного доїння корів у підсобних та невеликих фермерських господарствах (з поголів'ям до 32 корів), у яких притаманне ручне доїння, і як наслідок, низька якість отриманого молока за показниками чистоти та бактеріальної забрудненості [2, 3].

Проте, відсутність належної інформації не дає можливості в повній мірі оцінити їх технологічну придатність залежно від умов використання. Окрім цього, мобільні системи доїння є недостатньо дослідженими щодо впливу особливостей конструктивного виконання та технологічних параметрів на ефективність технологічного процесу – машинного доїння корів.

*Науковий керівник – доктор технічних наук І.І. Ревенко

© О.В. Медведський, 2015

Аналіз останніх досліджень. Суттєвий вплив на продуктивність корів та швидкість молоковіддачі має величина вакуумметричного тиску та його стабільність у вакуум-проводі. Дослідженнями [1, 9] встановлено, що систематичні коливання вакууму в піддійковому просторі доїльних стаканів в межах 9,7...20 кПа викликають зниження надоїв корів на 1,9...2,5% та зменшення швидкості доїння на 0,06...1,5 л/хв. Тому, одним із основних критеріїв оцінки якості функціонування доїльних установок можна вважати забезпечення стабільної величини тиску у вакуумній мережі під час доїння корів. Нами підтверджено позитивний вплив збільшеного об'єму вакуумного балона на стабільність вакуумметричного тиску. Результати досліджень [5, 6] вказують на обов'язковість оснащувати мобільні доїльні установки вакуумним балоном, об'єм якого залежить від об'єму структурних елементів вакуумної системи. Так, об'єм вакуумного балона в межах 10–20 л. сприяє зниженню втрат магістрального тиску на 32,8...43,5%, порівняно із мобільними доїльними системами у компоновочній схемі яких балон відсутній, при місткості молокозбірника в межах 20–30 л [4]. В такій системі підвищується надійність роботи виконавчих механізмів доїльної установки за рахунок стабільного розрідження у вакуум-проводі.

Проте, нерозкритим залишається питання впливу конструктивних параметрів елементів вакуумної системи мобільної доїльної установки на динаміку зміни в них вакуумметричного тиску, до моменту стабілізації на рівні початкових значень.

Метою досліджень є виявлення впливу конструктивних параметрів вакуумної системи на характер зміни тиску у структурних елементах мобільної доїльної установки.

Завданням досліджень є моделювання зміни тиску від початкової величини до робочого тиску в кожному із структурних елементів вакуумної системи мобільної доїльної установки в межах стабілізаційного періоду.

Методика досліджень базується на використанні методів математичного моделювання з використанням законів механіки суцільних середовищ.

Результати досліджень. При поєднанні між собою структурних елементів вакуумної системи, тиск у молокозбірнику (V_M) знижується за рахунок перерозподілу газу по всьому об'єму вакуумної системи (V) та видалення зайвої маси повітря вакуумним насосом. Нами встановлено [6, 7], у перший проміжок часу (t_1) тиск у молокозбірнику знизиться до тиску p_c , причому, рушійною силою буде різниця тисків $p_M - p_{п.}$, а протягом другого періоду (t_2) тиск прийме значення початкового тиску вакуумної мережі $p_{п.}$, але рушійною силою буде різниця тисків $p_c - p_{п.}$

Складемо диференціальне рівняння зміни тиску у вказаних межах протягом деякого проміжку часу, врахував, що швидкість зміни тиску залежить від рушійної різниці тисків.

$$\frac{dp}{dt} = k \cdot (p_M - p_{II}), \quad (1)$$

де: k – коефіцієнт пропорційності, який визначає вплив об'єму складових вакуумної системи на швидкість зміни величини тиску в ній.

Розділимо змінні та вирішимо отримане рівняння відносно dp .

$$\ln(p_M - p_{II}) = k \cdot t + \ln C. \quad (2)$$

Виконаємо потенціювання.

$$e^{\ln(p_M - p_{II})} = e^{k \cdot t + \ln C} = e^{k \cdot t} \cdot e^{\ln C}. \quad (3)$$

$$p_M - p_{II} = C \cdot e^{k \cdot t}. \quad (4)$$

Із початкових умов: $t=0$, $C=p_M - p_{II}$. Рівняння (2) набуде вигляду:

$$p_M - p_{II} = (p_M - p_{II}) \cdot e^{k \cdot t}. \quad (5)$$

Величину e^k визначимо виходячи із умови, що при деякому значенні часу t_i тиск у системі буде відповідати деякій величині тиску p_i . З наших досліджень відомо, що по завершенні першого періоду ($t_i=t_1$) досягається тиск p_c , тому виконується умова $p_M=p_c$.

$$(e^k)^{t_1} = \frac{p_c - p_{II}}{(p_M - p_{II})},$$

$$e^k = \left(\frac{p_c - p_{II}}{(p_M - p_{II})} \right)^{\frac{1}{t_1}} = \left(\frac{p_M \cdot V_M + p_{II} \cdot V_{II} - p_{II} \cdot V}{2 \cdot V} \right)^{\frac{1}{t_1}} = \left(\frac{V_M}{2 \cdot V} \right)^{\frac{1}{t_1}}. \quad (6)$$

Загальне рішення рівняння (2) має вигляд.

$$p_{V_{ij}} = p_j + (p_i - p_j) \cdot \left(\frac{V_M}{2 \cdot V} \right)^{\frac{t}{t_i - t_0}}. \quad (7)$$

де: $p_{V_{ij}}$ – зміна тиску у об'ємі від початкового до кінцевого значення, Па; t – поточна координата часу (знаходиться в межах від 0 до t_i), с; p_i – початковий тиск деякого періоду тривалістю t_i , Па; p_j – величина бажаного (кінцевого) тиску елемента вакуумної системи, Па; t_i – тривалість періоду досягнення деякого тиску, що визначається рушійною різницею тисків $p_M - p_{II}$ або $p_c - p_{II}$, с; t_0 – тривалість періоду що передує i -тому, с.

Таким чином на характер процесу зміни тиску в об'ємі молокозбірної місткості суттєвий вплив має співвідношення об'ємів складових вакуумної системи, а рушійна різниця тисків має вплив тільки при зміні кінцевого значення тиску. Для першого періоду тривалістю

$t_i = t_1$ тиск $p_i = p_M$, для другого періоду тривалістю $t_i = t_2$ тиск $p_i = p_c$. В обох випадках кінцеве значення тиску буде становити $p_j = p_{\Pi}$. В графічній формі рівняння (7) представлено на рис. 1.

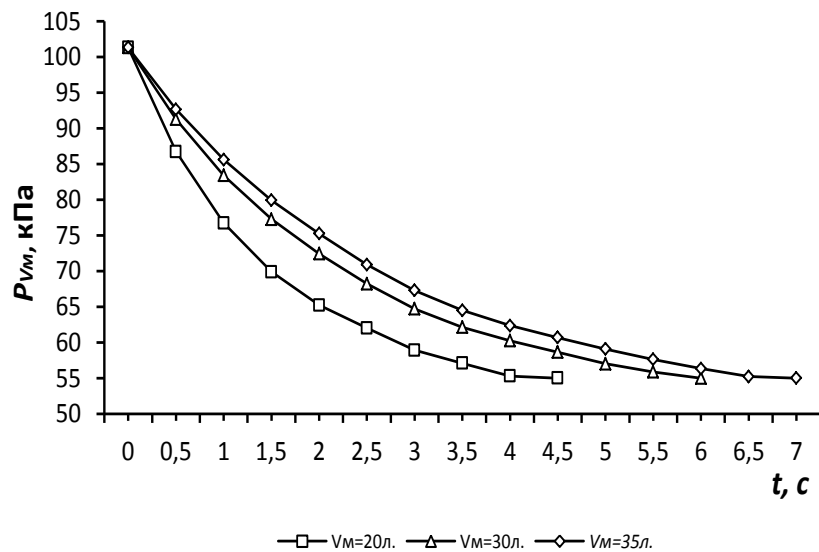


Рис. 1. Графік зміни тиску (p_{V_M}) в молокозбірнику (V_M) різного фіксованого об'єму впродовж часу t при постійному об'ємі вакуумного балона $V_B = 0,010 \text{ м}^3$ та початковому тиску вакуумної мережі $p_{\Pi} = 55 \text{ кПа}$.

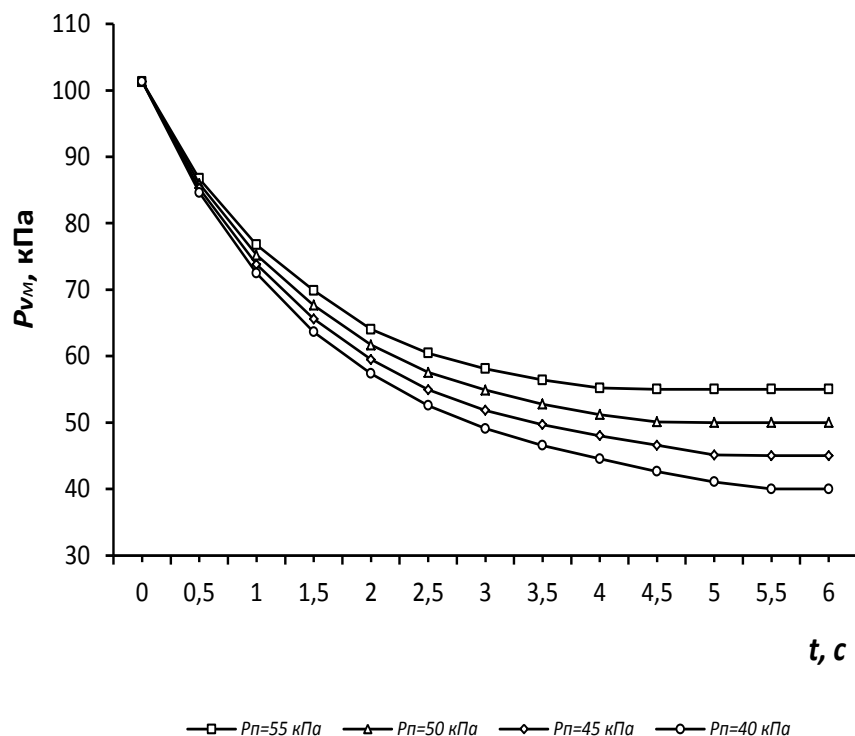


Рис. 2. Графік зміни тиску (p_{V_M}) в молокозбірнику (V_M) впродовж часу t за умови незмінного об'єму молокозбірника ($V_M = 0,020 \text{ м}^3$) та вакуумного балона ($V_B = 0,010 \text{ м}^3$) при різних значеннях початкового тиску вакуумної мережі (p_{Π}).

Характер зміни тиску у молокозбірнику (див. рис. 1) мобільної доїльної установки відповідає логарифмічному закону, причому, при збільшенні об'єму молокозбірника (V_M) зростає час на встановлення початкового тиску вакуумної мережі (p_{Π}). Це можна пояснити незмінністю конструктивних параметрів пропускної системи при збільшенні об'єму повітря яке необхідно видалити з вакуумної системи для встановлення початкового тиску p_{Π} при однаковому значенні різниці між початковою (p_M) та кінцевою величиною (p_{Π}) тисків.

Значну роль відіграє і тривалість періоду (t_f) встановлення тиску (p_c) завершення сумішоутворення, який збільшується зі збільшенням об'єму молокозбірника (V_M). Це можна пояснити збільшенням величини коефіцієнта пропорційності (k) при незмінному об'ємі вакуумного балона.

Закон зміни тиску залишається незмінним для різних значень початкового тиску вакуумної мережі та для різного співвідношення об'ємів елементів вакуумної системи. Слід зауважити, що у випадку нижчого значення початкового тиску вакуумної мережі (p_{Π}) тривалість його встановлення у вакуумній системі зростає за умови однакової величини коефіцієнта пропорційності об'ємів.

Висновки

Встановлена модель зміни тиску в молокозбірнику мобільної доїльної установки в межах стабілізаційного періоду до моменту відновлення початкового тиску вакуумної мережі (p_{Π}). Так, тривалість стабілізаційного періоду зменшується при збільшенні об'єму вакуумного балона за умови зростання початкового тиску, причому більшому об'єму молокозбірної місткості (V_M) відповідає вище значення тривалості стабілізаційного періоду. При будь-якому значенні початкового тиску вакуум-проводу характер вказаної функціональної залежності залишається незмінним.

В подальшому, доцільно буде дослідити вплив конструктивних параметрів елементів вакуумної системи мобільної доїльної установки на динаміку зміни тиску у вакуум-проводі, до моменту стабілізації на рівні початкових значень.

Список літератури

1. *Карташов Л.П.* Машинное доение коров / *Л. . Карташов.* – М.: Колос, 1982. – 301 с.
2. *Крижанівський Я.* До проблеми якості й безпеки молока селянських присадибних господарств / *Я. Крижанівський, М. Голик, І. Даниленко, М. Кухтин* // Тваринництво України. – 2005. – №6 – С. 3–5.
3. *Мазур Т.* Екологія сирого молока у господарствах різних форм власності / *Т. Мазур, Л. Очеретяна, Т. Димань* // Тваринництво України. – 2006. – №4 – С. 7–8.

4. *Медведський О.В.* Влияние конструктивных параметров мобильной доильной установки на уровень вакуумметрического давления / *О.В. Медведський // Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture.* – Lublin, 2015. – Vol. 17. – No 3. – 250–259.
5. *Медведський О.В.* Визначення технологічних параметрів вакуумної системи мобільної доїльної установки / *О.В. Медведський // Зб. наук. пр. Подільського держ. аграрно-техн. ун-ту.* – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2012. – С. 178–181.
6. *Медведський О.В.* Вплив конструктивно-технологічних параметрів складових вакуумної системи на стабільність режимних характеристик мобільної доїльної установки / *О.В. Медведський, С.М. Кухарець, О.Ю. Романишин // Вісник ЖНА-ЕУ.* – 2014. – Вип. № 2 (45), т. 4, ч. II. – С. 292–301.
7. *Медведський О.В.* Встановлення техніко-технологічних параметрів вакуумної системи мобільної доїльної установки / *О.В. Медведський // Зб. наук. пр. Подільського держ. аграрно-техн. ун-ту.* – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2014. – С. 165–168.
8. *Медведський О.В.* Порівняльна оцінка систем доїння / *О.В. Медведський, О.В. Коновалов, С.В. Бушма, О.П. Слинко // Зб. наук. пр. Подільського держ. аграрно-техн. ун-ту.* – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2011. – С. 254–258.
9. *Оберемченко А.И.* О стабильности вакуумного режима доильных установок / *А.И. Оберемченко, Н.А. Яковенко // Животноводство.* – 1986. – № 3. – С. 60–61.
10. *Ревенко І.І.* Перспективи механізації доїння корів на малих фермах / *І.І. Ревенко, О.В. Медведський // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК.* – К., 2010. – Вип. 144, ч. 4. – С. 82–87.

Полученные результаты теоретических исследований указывают на существенное влияние соотношения объемов составляющих вакуумной системы на характер процесса изменения давления в объеме молочной емкости, от движущегося разницы давлений зависит конечная величина давления стабилизации. Полученная адекватная математическая модель изменения давления в молочной емкости от начального значения до давления стабилизации. Доказано положительное влияние вакуумного баллона на обеспечение качественных технологических показателей работы вакуумной системы, в частности, поддержание высокого уровня стабильности начального давления в вакуум-проводе.

Вакуумная система, вакуумный баллон, давление, вакуум-провод, стабилизация.

The obtained results of theoretical studies indicate significant influence the volume ratio of components of vacuum system on nature of the pressure change in volume of milk vessel by moving the pressure difference depends on final value of pressure stabilization. Getting adequate mathematical model of pressure changes in mammary capacity from initial value to pressure stabilization. The positive influence of vacuum cylinder to ensure the quality of technological performance of

the vacuum system, in particular, maintaining a high level of stability of the initial pressure in vacuum line.

Vacuum system, vacuum tank, pressure, vacuum line, stabilizing.

УДК 637.125.65:681.32

МОДЕЛЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ ПРИ ОПТИМАЛЬНІЙ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ОПЕРАТОРА МАШИННОГО ДОЇННЯ

***В.Т. Дмитрів, кандидат технічних наук
Львівський національний аграрний університет***

Приведено аналіз моделей розрахунку часових параметрів машинного доїння корів, розроблено математичну модель кількості доїльних апаратів з якими одночасно може обслуговувати оператор машинного доїння при оптимальному коефіцієнті завантаження оператора, приведено результати моделювання для різних типів доїльних установок.

Доїльна установка, коефіцієнт завантаження, доїльний апарат, оператор машинного доїння, результати моделювання.

Постановка проблеми. Процес машинного доїння корів пов'язаний із виконанням оператором машинного доїння (ОМД) комплексу технологічних операцій, які направлені на забезпечення вимог фізіології виведення молока. Важливими операціями є підготовчі й завершальні, що дозволяють підготувати корову до молоковіддачі й провести машинне додоювання та виключити перетримку доїльних апаратів на вимені корови. Дотримання вимог забезпечується тривалістю, яка обмежується кількістю доїльних апаратів, що одночасно обслуговує ОМД. Тому важливо обґрунтувати кількість доїльних апаратів для ОМД, що дозволить оптимально завантажити робочий час й виключити перетримку доїльних апаратів на вимені корови.

Аналіз останніх досліджень. Моделюванням процесу машинного доїння корів в основному ґрунтувалися на визначення часових параметрів роботи доїльного апарата, а саме тривалості машинного доїння, часу виконання підготовчо-завершальних операцій, переходів ОМД, тривалості машинного додоювання.

Так В.С, Мкртумян [1], використовуючи імовірнісний підхід, для визначення часу машинного доїння (t_m) пропонує формулу:

© В.Т. Дмитрів, 2015

$t_m = (n-1)M[\tau_i] + 1,5\sqrt{n-1} \cdot \sigma_{\tau_i}$, де n – кількість доїльних апаратів, з якими працює оператор машинного доїння; $M[\tau_i]$, σ_{τ_i} – математичне очікування і середньоквадратичне відхилення всіх операцій, що передують машинному доїнню, які виконує оператор машинного доїння для однієї корови, с.

Зрозуміло, що процес доїння корів на тваринницькій фермі залежить від виконання оператором машинного доїння комплексу технологічних операцій. Тому одержання функціональної залежності для визначення кількості доїльних апаратів, які обслуговує оператор машинного доїння (ОМД), як функції тривалості ручних (t_p) і машинно-ручних (t_{m-p}) операцій та часу видоювання (t_d) молока із вимені, базувались на дослідженнях організації виконання технологічних операцій при доїнні корів у стійлах за схемою “апарат переміщується до корови” Фененком А.І., Савраном В.П. і ін. вченими [2-8]. Для організації виконання технологічних операцій процесу машинного доїння корів, коли програма доїнь ОМД виконує з “оптимальною” кількістю апаратів, їх кількість можна визначити з залежності:

$$n_{da} = t_d + t_p / t_p + t_{m-p} \cdot$$

Визначення часових характеристик процесу доїння (тривалість циклу роботи установки (t_{uo}), тривалість циклу процесу доїння (t_u)) проводять з врахуванням чисельності ОМД та обмежуються загальним фондом часу (T) [2-8]. Використання такого методу розрахунку кількості доїльних апаратів для одного ОМД і часових характеристик процесу не враховує фізіологічні особливості молоковіддачі та індивідуальні особливості ОМД.

Розробники програмного забезпечення для автоматизованих систем доїння, зокрема для доїльного обладнання ТДВ “Брацлав” вважають що тривалість машинного доїння корови є випадковою величиною і підпорядкована статистичній моделі [9–11]. Авторами були проведені дослідження часу тривалості доїння t_{TD} при використанні доїльних апаратів без функції управління процесом доїння та тривалості фази керованого доїння t_{KD} доїльних апаратів з функцією управління процесом доїння, розподіл цих часових інтервалів наближається до гамма-розподілу і визначається виразом

$P_{TD}(t) = t^l \cdot e^{-t/m} / m^{l+1} \cdot \Gamma(l+1)$, де $P_{TD}(t)$ – закон розподілу тривалості доїння при використанні доїльних апаратів без функції керування доїнням та тривалості фази керованого доїння при використанні доїльних апаратів з функцією керування доїнням; l , m – параметри розподілу.

При використанні доїльного апарату без функції керування, час доїння пропонується визначати як сума двох випадкових часових інтервалів – тривалості підготовки тварини до доїння та часу доїння

$t_{N-D} = t_p + t_{TD}$, закон розподілу їх суми $P_D(t)$ знаходиться як згортка їх

$$\text{законів розподілу [9-11]} \quad P_D(t) = P_{PD}(t) \cdot P_{TD}(t) = \int_0^{+\infty} \frac{\tau^{\frac{k}{2}-1} \cdot (t-\tau)^l \cdot e^{-\frac{2t+\tau(m-2)}{2m}}}{\tau^{\frac{k}{2}} \cdot m^{l+1} \cdot \Gamma(l+1) \cdot \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} d\tau.$$

Доцільно звернути увагу, що вище наведені автори тривалість доїння з використанням доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння визначають як сума часу підготовки тварини (t_p), часу стимуляції (t_s), часу некерованого доїння (t_{ND}), часу керованого доїння (t_{KD}), часу додоювання (t_M): $t_{K-D} = t_p + t_s + t_{ND} + t_{KD} + t_M$.

Випадковими величинами є час підготовки тварини та час керованого доїння, закон розподілу суми яких визначається математичним очікуванням часу доїння з використанням доїльних апаратів з функцією керування процесом визначається виразом $M_{K-D} = t_s + t_{ND} + t_M + m \cdot (l+1) + k$.

Для доїльного робота тривалість підготовки тварини до доїння є детермінованою величиною t_p , а математичне очікування часу доїння з використанням доїльного робота буде $M_{R-D} = t_p + t_s + t_{ND} + t_M + m \cdot (l+1)$.

Авторами [9–11] регламентуються операції по часу з умовою використання автоматизованих систем доїння. Питання обґрунтування кількості доїльних апаратів не ставиться. Вважають, що основними є часові характеристик процесу, а кількість доїльних апаратів і величина регламентована. Така методика розрахунку може бути використана тільки в автоматизованих системах доїння, коли ОМД виконує функцію спостереження і аварійного втручання в технологічний процес машинного доїння.

Важливим параметром при обґрунтуванні кількості доїльних апаратів для ОМД є його завантаженість при виконанні операцій технологічного процесу машинного доїння, що регламентує якість їх виконання [12].

Аналіз основних способів технологічного розрахунку доїльних установок показав, що вони або не відображають якісну сторону процесу машинного доїння корів [7–9], або є громіздкими за аналітичними залежностями, що затрудняють їх практичне використання [4, 10–12].

Мета досліджень – розробити математичні моделі для обґрунтування оптимальної кількості доїльних апаратів, що одночасно може обслуговувати оператор машинного доїння без .

Результати досліджень. При оптимальному варіанту, для заданої кількості доїльних апаратів які обслуговує ОМД, коефіцієнт завантаженості ОМД повинен бути рівним 1. Зрозуміло, що підготовчо-

завершальні операції залежать від дотримання правил машинного доїння корови і технологічної майстерності (професійності) ОМД. Коefіцієнт завантаження K_{on} ОМД виходячи з послідовності виконання підготовчо-завершальних операцій машинного доїння корові розраховуємо за формулою [12]:

$$K_{on} = \frac{t_{\partial} + (n_{\partial a} - 1) \cdot t_3}{n_{\partial a} \cdot t_{n-3}}, \quad (1)$$

де: t_{∂} – тривалість доїння однієї корови, $t_{\partial} = t_M + t_{n-3}$, с [13]; t_3 – тривалість завершальних операцій, с.

Якщо $K_{on} > 1$ – оператор недовантажений, відповідно перетримка доїльного апарата на дійках вимені відсутня, коли $K_{on} < 1$ – оператор машинного доїння перевантажений і не витримується регламент виконання підготовчих і завершальних операцій, або доїльні апарати перетримуються. Кількість доїльних апаратів, що обслуговує один ОМД корів, характеризує його завантаженість. Промодельуємо завантаженість ОМД корів, скориставшись залежністю (1) і результати наведемо на рис. 1. З залежності (1) отримаємо рівняння для розрахунку оптимальної кількості доїльних апаратів, врахувавши що $t_{n-3} = t_n + t_3$, $t_{\partial} = t_n + t_M + t_3$:

$$n_{\partial a} = \frac{t_M}{t_n} \cdot \left[K_{on} + \frac{t_3}{t_n} (K_{on} - 1) \right]^{-1} + \left[K_{on} + \frac{t_3}{t_n} (K_{on} - 1) \right]. \quad (2)$$

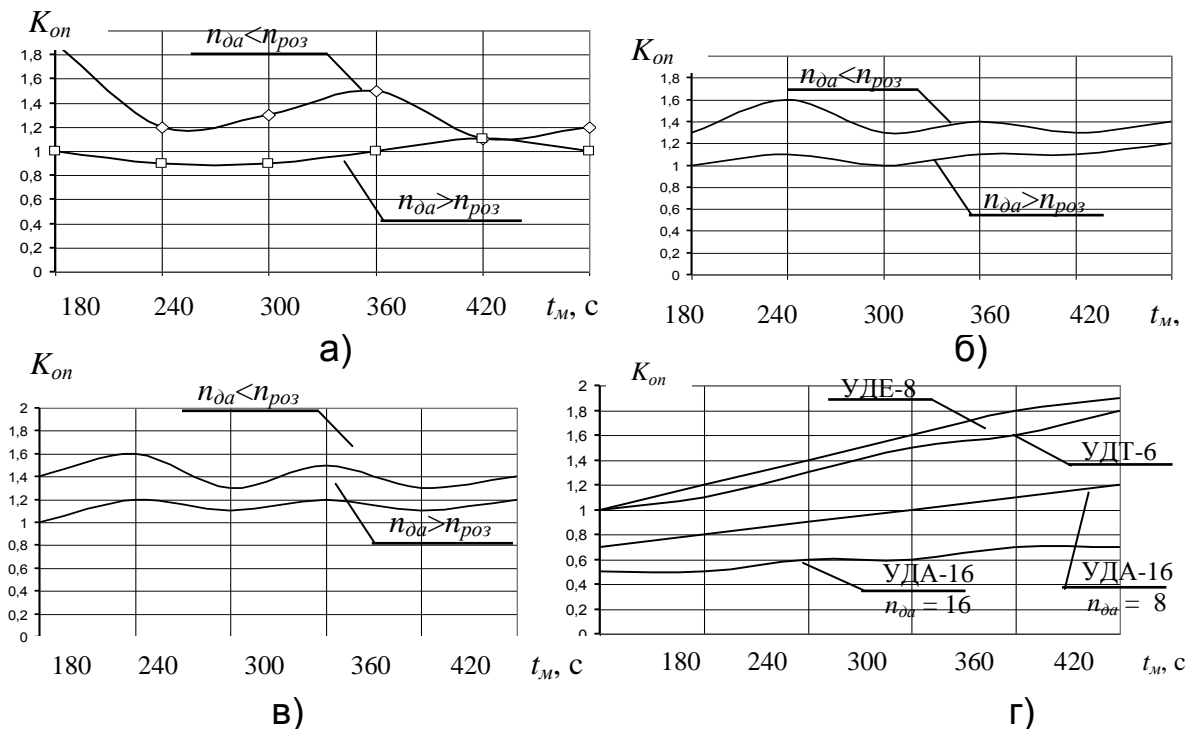


Рис. 1. Завантаженість оператора машинного доїння при роботі на доїльній установці: а) УДБ-100; б) УДМ-100; в) АДМ-8А; г) доїння в доїльному залі.

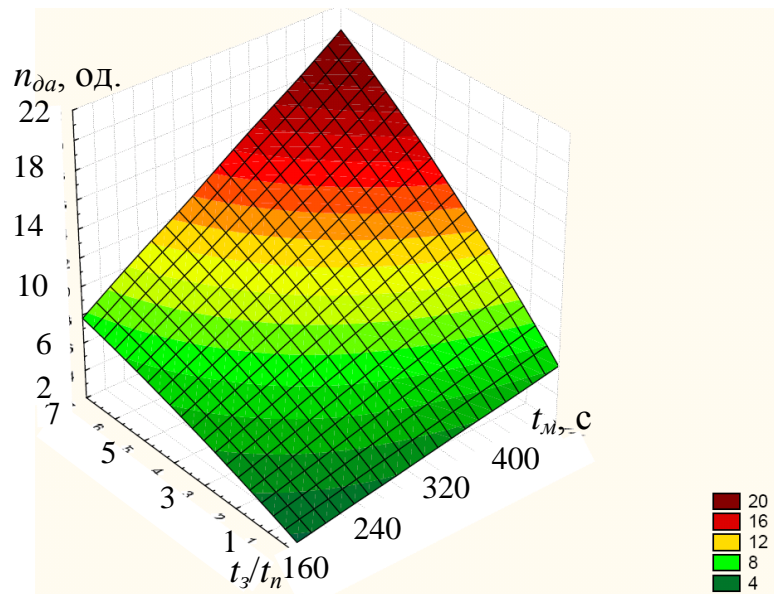


Рис. 2. Залежність кількості доїльних апаратів $n_{да}$, що обслужить ОМД від тривалості машинного доїння t_M корови і співвідношення завершальних і підготовчих операції t_3/t_n .

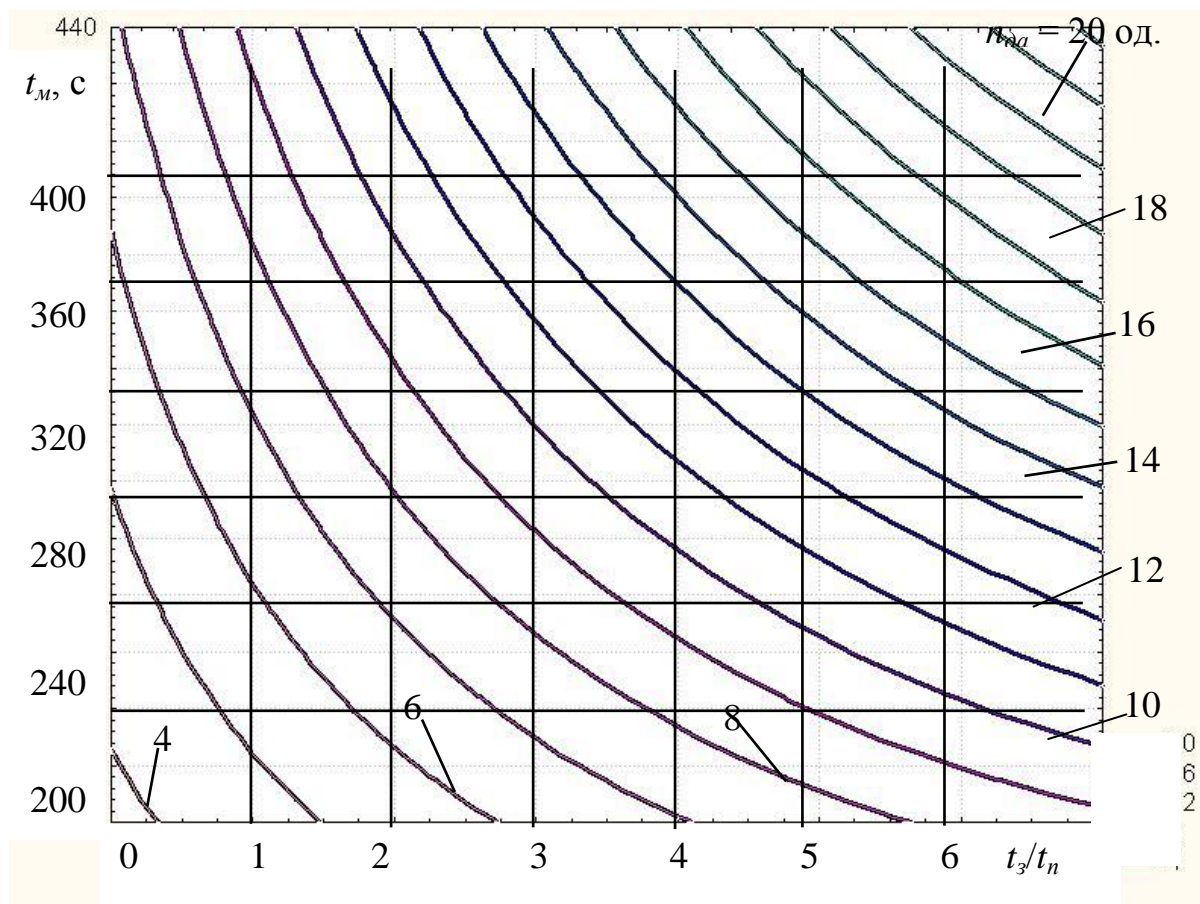


Рис. 3. Графік проєкції поверхні відгуку залежності кількості доїльних апаратів $n_{да}$, що обслужить ОМД від тривалості машинного доїння t_M корови і співвідношення завершальних і підготовчих операції t_3/t_n .

Оптимальним є значення $K_{оп} = 1$. Тоді залежність (2) набуде вигляду:

$$n_{од} = t_m / t_n + 1, \quad (3)$$

де: t_n – тривалість виконання підготовчих операцій ОМД, с.

Результати моделювання оптимальної кількості доїльних апаратів приведено на рис. 2.

Для зручності аналізу залежності (2) побудували графік проєкції відгуку (рис. 3).

Висновки

Аналіз технологічного процесу машинного доїння корів показує, що тривалість підготовчо-завершальних операцій регламентується типом доїльної установки, рівнем автоматизації операцій машинного доїння і частково залежить від кваліфікації ОМД та його рівня відповідальності.

Зміна відношення співвідношення t_3/t_n від 1 до 7, при умові що завершальні операції виконуються без участі ОМД (машинне додоювання, зняття доїльного апарата, його переміщення виконуються механізмами доїльної установки при автоматизації або роботизації технологічного процесу) забезпечує значне збільшення кількості доїльних апаратів, що обслуговуються ОМД. Так ОМД може одночасно працювати з 5-8 апаратами на доїльних установках для доїння в стійлах у молокопровід, і з 8-12 при доїнні в доїльних залах, а при автоматизації завершальних операцій – від 7 до 20 доїльних апаратів. Параметром, що впливає на кількість доїльних апаратів які одночасно може обслуговувати ОМД є тривалість машинного доїння однієї корови t_m .

Кількість доїльних апаратів, що обслуговує один ОМД характеризує його завантаженість. При цьому оператор може дотримуватись вимог технології машинного доїння або порушувати її. Умова дотримання ОМД вимог технологічного процесу машинного доїння буде при $K_{оп} \geq 1$.

Список літератури

1. Мкртумян В.С. Теоретические исследования параметров доильных установок / В.С. Мкртумян, Н.А. Петухов // Техническая диагностика и механизация сельского хозяйства. Труды Сибирского филиала ВИМ. – Новосибирск, 1968. – Вып. 141. – С. 3–38.
2. Фененко А.І. Механізація доїння корів. Теорія і практика : монографія / А.І. Фененко. – К.: Наука, 2008. – 198 с.
3. Фененко А.І. Біотехнічна система “людина-машина-тварина” ферми по виробництву молока / А.І. Фененко // Механізація та електрифікація сільського господарства. – К.: Аграрна наука, 1995. – Вип. 81. – С. 3–9.
4. Фененко А.І. Конструктивно-технологічні параметри ланки “людина-машина-тварини” / А.І. Фененко // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2008. – Вип. 92. – С. 196–203.

5. Погорельый Л.В. Биотехнические системы в животноводстве / Л.В. Погорельый, М.М. Луценко. – К.: Урожай, 1992. – 344 с.
6. Похваленский В.П. Доильные установки (технологические основы расчета) / В.П. Похваленский. – М.: Машиностроение, 1971. – 160 с.
7. Савран В.П. Зоотехнические основы совершенствования технологии и автоматизации доения коров на фермах промышленного типа : Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – К.: НАУ. – 1991. – 48 с.
8. Patkos Istvan, Toth Laszlo. A szarvasmar ha tartas gepesitese. – Budapest: Mezogazdasadi Kiado, 1978. – 246 s.
9. Кучерук В.Ю. Статистичні моделі тривалості машинного доїння / В.Ю. Кучерук, Є.А. Паламарчук, П.І. Кулаков, Т.В. Гнесь // Восточно-Европейский журнал передових технологий. – 2014. – Т.3, №1(67). – С. 4–7.
10. Кучерук В.Ю. Статистична модель тривалості машинного доїння на стійловій доїльній установці / В.Ю. Кучерук, Є.А. Паламарчук, П.І. Кулаков, Т.В. Гнесь // Восточно-Европейский журнал передових технологий. – 2014. – Т.4, №2(68). – С. 31–37.
11. Кучерук В.Ю. Статистичні моделі тривалості машинного доїння на групових доїльних установках / В.Ю. Кучерук, Є.А. Паламарчук, П.І. Кулаков // Восточно-Европейский журнал передових технологий. – 2014. – Т.4, №4(70). – С. 13–17.
12. Дмитрів В.Т. Моделювання завантаженості оператора машинного доїння / В.Т. Дмитрів // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11. – Т. 5. – С. 56–62.
13. Дмитрів В.Т. Основи теорії машиновикористання у тваринництві : навчальний посібник. [для студ. вищ. навч. закл.] / В.Т. Дмитрів. – Львів: Афіша, 2008. – 260 с.

Проведен анализ моделей расчета временных параметров машинного доения коров, разработана математическая модель количества доильных аппаратов с которыми одновременно может обслуживать оператор машинного доения при оптимальном коэффициенте загрузки оператора, приведены результаты моделирования для различных типов доильных установок.

Доильная установка, коэффициент загрузки, доильный аппарат, оператор машинного доения, результаты моделирования.

The analysis of models calculation time parameters of machine milking cows mathematical model number of milking machines which can simultaneously serve milking machine operator at the optimum load factor operator The results of simulations for different types of milking machines.

Milking unit, load factor, milking machine, operator of machine milking, simulation results.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ СЕРВОКОНТРОЛЯ РОТАЦІЙНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Ю.О. Линник, інженер

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

В результаті техніко-економічного розрахунку встановлено, що застосування на молочній фермі із поголів'ям 100 голів системи сервоконтролю розробленого ротаційного пластинчатого вакуумного насоса у складі доїльної установки має переваги за показниками енерговитрат – економія електроенергії в 2,44 рази. строк окупності при впровадженні складе 2,6 року, а річний економічний ефект становить 13264 грн.

Економічний ефект, доїльна установка, система сервоконтролю, вакуумний насос, електроенергія, ефективність.

Постановка проблеми. На сьогодні існує широкий вибір вископродуктивних доїльних установок із системами сервоконтролю їх молочно-вакуумних систем, основним визначаючим критерієм ефективної експлуатації яких є енерговитрати. Таким чином, використання автоматизованої системи сервоконтролю ротаційного пластинчатого вакуумного насоса дозволяє знизити його питому енергоємність при збереженні необхідного рівня вакууму і ефективного резерву [1–2].

Аналіз останніх досліджень. В результаті розрахунку технологічних показників виконання процесу машинного доїння встановлена динаміка зміни потужності N_p електродвигуна вакуумного насоса для доїльних установок із системою його сервоконтролю і без неї. Встановлені питомі витрати енергія на доїння 1 корови: без сервоконтролю – 0,2378 кВт·год./голову, із сервоконтролем – 0,0973 кВт·год./голову [2, 3].

Мета досліджень. Визначити економічну ефективність використання системи сервоконтролю ротаційних пластинчастих вакуумних насосів із обґрунтованими конструктивно-технологічними параметрами у складі доїльних установок.

Результати досліджень. Задачею досліджень є порівняння базової та проекрованої технологічних ліній доїння тварин на молочнотоварній фермі із поголів'ям – 100 дійних корів, 2 разовою кратністю доїння.

При базовому варіанті доїння корів виконують доїльній установці типу «Ялинка 2×6» (у складі якої є ротаційний пластинчастий вакуумний насос).

Проектований варіант передбачає використання доїльної установки «Ялинка 2×6», яка обладнана розробленою системою сервоконтролю ротаційного пластинчастого вакуумного насоса.

Проектований та базовий варіанти лінії доїння відрізняються лише наявністю у проектному датчиків вакуумметричного тиску та витрат повітря і частотним перетворювачем електродвигуна, тому порівняння будемо виконувати лише за експлуатаційними показниками роботи зазначених елементів у складі системи сервоконтролю.

Порівнювати економічну ефективність роботи доїльної установки будемо за показниками питомих експлуатаційних витрат, додаткових капітальних вкладень та додаткових прибутків від підвищення якості продукції. Розрахунки виконані згідно методу економічного оцінювання техніки на етапі випробування, яка є галузевим стандартом України ДСТУ 4397:2005 [5].

Річний економічний ефект від застосування системи сервоконтролю ротаційного пластинчастого вакуумного насоса визначається по різниці приведених витрат. Оскільки введення нової машини не впливає на зміну обсягу робіт, то річний економічний ефект розрахуємо по формулі [6]:

$$E_p = C_6 - C_n + D, \quad (1)$$

де: E_p – річний економічний ефект, грн.; C_6 і C_n – річна витрата на експлуатацію машини по старому і новому варіантам, грн.; D – додатковий річний економічний ефект, одержаний за рахунок підвищення якості молока, грн.

Визначимо річні витрати на експлуатацію машини по старому і новому варіанту:

$$C = C_e + C_{то} + C_a + Z, \quad (2)$$

де: C_e – вартість електроенергії, грн.; $C_{то}$ – витрати на технічне обслуговування, грн.; C_a – витрати на амортизацію, грн.; Z – заробітна плата робітникам, грн.

Згідно [3, 4] розділу енерговитрати доїльної установки становитимуть: без сервоконтролю – 21758,7 кВт·год., із сервоконтролем – 8902,95 кВт·год.

Вартість електроенергії визначимо з урахуванням вартості 1 кВт·год (1,81 грн.): для базового варіанту $C_{еб} = 39383$ грн; для проектного варіанту $C_{еп} = 16114$ грн. Затрати на капітальний і поточний ремонт і технічне обслуговування, визначимо по формулі:

$$C_{то} = \frac{K \cdot R}{100}, \quad (3)$$

де: K – балансова вартість системи сервоконтролю, грн. Для базового варіанту $K_6 = 1072200$ грн., для проектного подрібнювача $K_6 = 1106700$ грн.; R – відсоток щорічних відрахувань на капітальний і поточний ремонт і технічне обслуговування, $R = 14\%$.

– для базового: $C_{\text{тоб}} = 150108$ грн.;

– для проектного: $C_{\text{топ}} = 154938$ грн.

Визначимо амортизаційні витрати:

$$C_a = \frac{K \cdot a}{100}, \quad (4)$$

де: a – відсоткові відрахування на амортизаційні витрати, $a = 15\%$.

– для базового: $C_{a6} = 160830$ грн.;

– для проектного: $C_{aп} = 166005$ грн.

Витрати на оплату праці розраховуються за формулою

$$З = \sum_{i=1}^n L_i t_i r_i n_i, \quad (5)$$

де: L_i – кількість i -ої категорії виробничого персоналу, зайнятого для виконання основного технологічного процесу, технічного обслуговування та ремонту машини, чол.; t_i – тривалість зайнятості i -го виробничого персоналу, год.; r_i – погодинна тарифна ставка оплати праці на i -му виді робіт, $r_i = 7,8$ грн./люд.-год; n_i – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (пенсійний фонд, соціальне страхування, фонд сприяння зайнятості), $n_i = 1,33$.

Доїльну установку типу «Ялинка 2×6» обслуговує 2 дояра працюючи кожен з них при цьому 2541 год. в рік, тому заробітна плата робіткам для базового варіанту складає $З_6 = 52720$ грн.

Так як система сервоконтролю є повністю автоматизованою, то вона не потребує ні якого додаткового обслуговуючого персоналу. Тому заробітна плата робітникам складає $З_п = 52720$ грн.

Річні експлуатаційні витрати визначимо по формулі (2):

– для базового: $C_6 = 403041$ грн.;

– для проектного: $C_п = 389777$ грн.

Так як ступень наявності системи сервоконтролю у складі доїльної установки не підвищує якість молока і продуктивність корів, то додатковий річний економічний ефект дорівнює 0. Тоді річний економічний ефект, очікуваний від застосування системи сервоконтролю у складі доїльної установки, складає $E_p = 13264$ грн.

Ступінь зниження експлуатаційних витрат розраховується за формулою:

$$V_{\text{експл.}} = \frac{C_6 - C_п}{C_6} \cdot 100\%. \quad (6)$$

де: $V_{\text{експл.}}$ – ступінь зниження експлуатаційних витрат, грн.

Підставляючи в (6) числові значення отримуємо $V_{\text{експл.}} = 3,2\%$.

Строк окупності капітальних вкладень за прийнятим нами варіантом при його впровадженні становить:

$$T = \frac{K_H - K_B}{F_p} \quad (7)$$

де: T – строк окупності капітальних вкладень, років.

Підставляючи в (7) числові значення отримуємо: $T = 2,6$ року.

Висновок. Встановлено, що застосування на молочній фермі із поголів'ям 100 голів системи сервоконтролю розробленого ротаційного пластинчатого вакуумного насоса у складі доїльної установки має переваги за показниками енерговитрат – економія електроенергії в 2,44 рази. Строк окупності при впровадженні складе 2,6 року, а річний економічний ефект становить 13264 грн.

Список літератури

1. *Линник Ю.* Підвищення ефективності системи сервоконтролю ротаційного пластинчатого вакуумного насоса доїльної установки / *Ю. Линник, С. Павленко* // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – Львів: Львів. нац. аграр. університет, 2014. – № 18. – С. 96–99.
2. *Линник Ю.* Шляхи усунення дестабілізації вакуумного режиму доїльних установок / *Ю. Линник* // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України / ДНУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2014. – № 18 (32). – С. 278–283
3. *Линник Ю.О.* Зниження енерговитрат ротаційних вакуумних насосів доїльних установок / *Ю.О. Линник, С.І. Павленко* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2014. – Вип. 144. – С. 145–151.
4. *Линник Ю.О.* Експериментальні дослідження режимних параметрів ротаційного пластинчатого вакуумного насоса НВ-1200 / *Ю.О. Линник, С.І. Павленко, Е.Б. Алієв* // Вісник Українського відділення міжнародної академії аграрної освіти. – Мелітополь: Копіцентр «Документ-сервіс», 2014. – Вип. 2. – С. 136–141.
5. *ДСТУ 4397:2005.* Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 15 с.
6. *Косачев Г.Г.* Экономическое оценка сельскохозяйственной техники / *Г.Г. Косачев.* – М.: Колос, 1978. – 240 с.

В результате технико-экономического расчета установлено, что применение на молочной ферме с поголовьем 100 голов системы сервоконтроля разработанного ротационного пластинчатого вакуумного насоса в составе доильной установки имеет преимущества по показателям энергозатрат – экономия электроэнергии в 2,44 раза. срок окупаемости при внедрении составит 2,6 года, а годовой экономический эффект составляет 13264 грн.

Економічний ефект, доїльна установка, система сервоконтролем, вакуумний насос, електроенергія, ефективність.

As a result of technical and economic calculation established that the application on a dairy farm with 100 head of livestock servo control system developed by the rotary vane vacuum pump as a part of the milking plant has advantages in terms of energy – energy savings in 2.44 times. the payback period will be the introduction of 2.6 years and an annual economic impact is 13264 UAH.

Economic effect, milking unit, servo control system, vacuum pump, power, efficiency.

УДК 637.116

ЧАСОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ ПНЕВМОЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПУЛЬСАТОРА ПОПАРНОЇ ДІЇ

В.Т. Дмитрів, кандидат технічних наук

Ю.М. Лаврик, інженер

Львівський національний аграрний університет

На прикладі доїльного апарата, обладнаного пневмоелектромагнітним пульсатором попарної дії, визначено деякі часові характеристики роботи при заданих конструкційних розмірах та значенні номінального вакуумметричного тиску. Наведено рекомендації щодо побудови алгоритму роботи блока керування електромагнітним пульсатором з підсилювальною ланкою пневматичного типу.

Пневмоелектромагнітний пульсатор, часові характеристики, перехідні процеси, алгоритм роботи.

Постановка проблеми. Впровадження доїння корів з використанням автоматизованих доїльних установок ставить високі вимоги, щодо основних виконавчих елементів доїльного апарату. Використання пневмомембранних пульсаторів ускладнює або перешкоджає розвитку та впровадженню автоматизованого доїння у сільськогосподарських підприємствах, оскільки унеможлиблює проведення адаптивної зміни технологічних параметрів під час проходження процесу. Пневмоелектромагнітні пульсатори можливо використовувати у автоматизованих системах керування зі зворотнім зв'язком за інтенсивністю молоковіддачі. При цьому тривалість затримки сигналу є незначною та більшою мірою залежить від часових затримок, що виникають в пневматичній системі пульсатор-доїльний стакан, і не залежить від зворотного зв'язку, часу зміни технологічних параметрів.

© В.С. Ловейкін, А.П. Ляшко, 2015

Проте необхідно встановити чіткі межі зміни часових характеристик, затримок та перехідних процесів при генерації індикаторної діаграми з метою виконання правильної побудови алгоритму керування, а відповідно і створення можливості швидкої адаптації доїльного апарату до фізіології молоковіддачі корови.

Аналіз останніх досліджень. Найбільш поширені конструкції пневмоелектромагнітних пульсаторів, що дозволяють автоматизувати процес доїння можна розділити за способом використання підведеної електроенергії на пульсатори з підсилювальною ланкою та без неї. Пристрої, що не мають підсилювальної ланки, характеризуються збільшеним енергоспоживанням, а відтак в умовах сучасних жорстких вимог щодо впровадження енергозберігаючих технологій не є перспективним напрямком досліджень. Тому використання пульсаторів із наявною підсилювальною ланкою, наприклад [1–3], слід розглядати як основний напрямок вдосконалення доїльних апаратів.

Включення додаткових елементів в конструкцію пульсатора попри зменшення енергоспоживання призводить до появи додаткових динамічних та перехідних процесів [4–6], що проходять протягом певного часу, який іноді може мати критичне значення для забезпечення природнього та ощадливого доїння. Дедалі більше науковців та вчених сходяться на думці, що для створення біологічно обґрунтованого способу виведення молока з вимені корови слід забезпечувати не лише такі основні характеристики технологічного процесу доїння як частота пульсацій, співвідношення тактів та значення вакуумметричного тиску [7–9], а й зсув фаз, тривалість фаз доїння, тривалість фронту та спаду імпульсу вакуумметричного тиску, синхронності чи асинхронності доїння тощо [10, 11].

Так, у праці [10] вказується на збільшення кількості отриманого молока та зменшенні тривалості доїння при зменшенні тривалості спаду імпульсу вакуумметричного тиску. А інші вчені дослідили співвідношення тактів [11] та встановили, що пікове значення молоковіддачі та кількість отриманого молока безпосередньо залежить від співвідношення тактів. Вимогами стандарту щодо технічних характеристик доїльних установок ДСТУ ISO 5707:2012 визначено, що тривалість фази b не повинна перевищувати 30% від тривалості всього циклу пульсації, а фази d – не менше 15% і не менше 150 мс. Значення ефективності машинного доїння залежить від того, наскільки гармонійно поєднано детерміновану механічну систему доїльної установки та стохастичні фізіологічні особливості корів. Тому визначення часових характеристик з метою забезпечення відповідного алгоритму ощадливого та адаптивного доїння [12] для конкретних розроблених та апробованих пульсаторів [1, 4] є однією із першочергових задач.

Мета досліджень. Відповідно до запропонованого опису [13] роботи електромагнітного пульсатора в статиці та динаміці, а також рекомендацій щодо тривалості фаз роботи пульсатора згідно вимог стандарту та тривалості перехідних процесів провести моделювання тривалості фронту та спаду імпульсу вакуумметричного тиску, а також часових затримок, що виникають в результаті наявності інерційних ланок в системі пульсатор-доїльний стакан для умов пневмоелектромагнітного пульсатора попарної дії [2].

Результати досліджень. При визначенні часових характеристик роботи пульсатора [2] треба врахувати його конструкційні особливості. Основними з яких є об'єми керуючих та робочих камер, діаметри перепускних та каліброваних отворів, параметри рухомих елементів та пружних мембран.

Відповідно до запропонованих рівнянь, які описують рух клапанно-штокової групи пульсатора та наповнення повітрям керуючої камери [13]:

$$\begin{cases} m_k \frac{d^2 x}{dt^2} = (zP_a - P_1)S_1 + G_k - cx - (P_a - P_1)S_2; \\ \frac{dz}{dt} = \frac{K_1 V_0}{(V_0 + xS_1)} z^{\frac{k-1}{k}} \sqrt{1 - z^{\frac{k-1}{k}}} \end{cases},$$

де: m_k – маса клапанів та штока, кг; P_i – тиск у відповідних камерах пульсатора, кПа; S_i – площа відповідних перепускних отворів, м²; G_k – вага клапанів, Н; c – пружність мембрани, Н/м²; x – переміщення клапанів, м; V_0 – початковий об'єм керуючої камери пульсатора, м³; K_1 – коефіцієнт конструкційно-технологічних параметрів пульсатора, с⁻¹ [13]; $z = P_3 / P_a$ – співвідношення тисків.

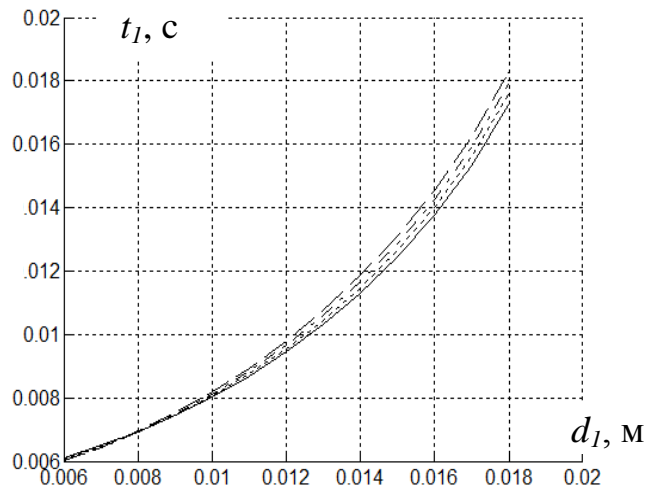
Проведено моделювання тривалості часової затримки завершення руху клапанів при переході пульсатора від такту стиску до такту ссання (рис. 1). Ця затримка є відставанням початку такту ссання від моменту, коли було припинено подачу живлення електромагніту пульсатора.

Оскільки вплив конструкційних розмірів та вакуумметричного тиску на часові характеристики є значним то під час проектування блока керування пульсатором слід врахувати конкретне значення випередження припинення подачі напруги на електромагніти. При використанні діаметра верхнього перепускного отвору діаметром 14 мм слід передбачити часову затримку в інтервалі 0,017-0,02 с.

Перехід пульсатора від такту ссання до такту стиску також має характерний період, під час якого відбувається процес відкачування повітря з керуючої камери та рух клапанно-штокової групи вверх. Цей період визначає часову затримку завершення руху клапанів при переході пульсатора від такту ссання до такту стиску та знаходиться шляхом інтегрування системи рівнянь [13]:

$$\begin{cases} m_k \frac{d^2 x}{dt^2} = c(h_1 - x) - G_k + (P_a - P_1)S_3 - (zP_1 - P_1)S_1; \\ \frac{dz}{dt} = -\frac{K_3 V_1}{(V_1 - xS_1)} z \sqrt{z^{\frac{k-1}{k}} - 1} \end{cases},$$

де: h_1 – хід клапанів, м; V_1 – максимальний об'єм керуючої камери пульсатора, м³.



————— $P_1=40$ кПа; — · — · — $P_1=48$ кПа;
 ············· $P_1=44$ кПа; - - - - - $P_1=52$ кПа

Рис. 1. Залежність тривалості часової затримки завершення руху клапанів від діаметра верхнього перепускного отвору при переході пульсатора від такту стиску до ссання.

Встановлено, що найбільше на описану часову затримку впливає діаметр каліброваного отвору (рис. 2) для підведення вакуумметричного тиску в керуючу камеру пульсатора.

Як видно з побудови максимального значення тривалість часової затримки набуде при мінімальних значеннях діаметру каліброваного отвору з'єднання керуючої камери з камерою постійного вакуумметричного тиску $d_{кв} = 0,3..0,5$ мм. Меншою мірою змінюється при невеликих значеннях діаметра нижнього перепускного отвору та діаметра мембрани. Таким чином найбільша тривалість часової затримки виникатиме при $d_{кв} = 0,3$ мм і становитиме 0,12-0,13 с при номінальному тиску 48 кПа. Тому необхідно вказані величини компенсувати зміною моменту подачі та зняття живлення з електромагнітів пульсатора доїльного апарату. Якщо розглядати адіабатичний процес наповнення чи відкачування повітря з камер пульсатора, з'єднувальних шлангів та доїльних стаканів, то його тривалість визначатиметься за відомим інтегральними рівняннями [13]:

$$t_{\phi} = \frac{1}{K_1} \int_0^{z_1} \frac{dz}{z \sqrt{z^{\frac{k-z}{k}} - 1}},$$

де: $z = \frac{P}{P_1}, z_1 = \frac{P_a}{P_1};$

$$t_c = \frac{1}{K_2} \int_0^z \frac{dz}{\frac{1}{z_1} z^{\frac{k-1}{k}} \sqrt{1 - z^{\frac{k-z}{k}}}},$$

де: $z = \frac{P}{P_a}.$

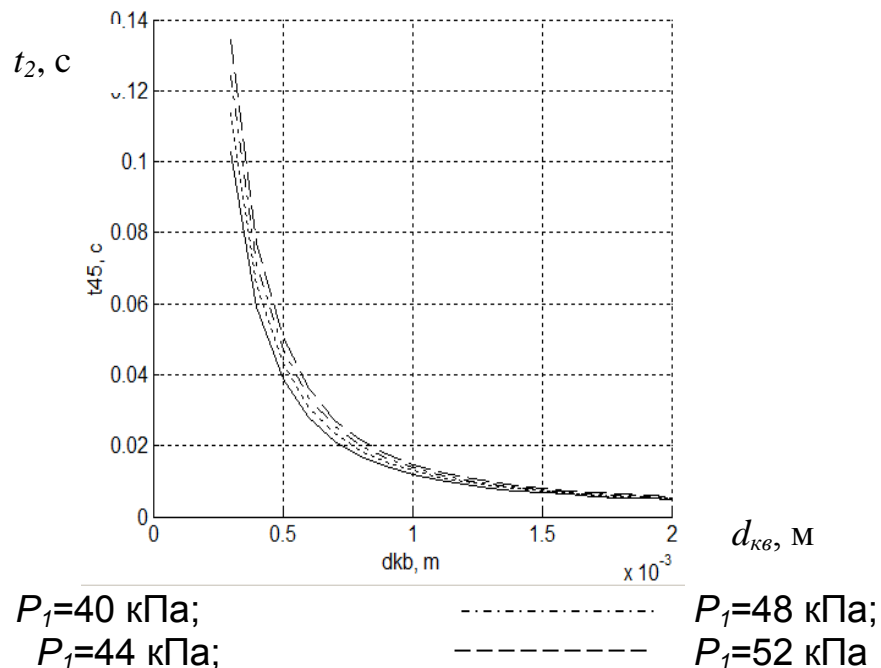


Рис. 2. Залежність тривалості часової затримки завершення руху клапанів від діаметра каліброваного отвору при переході пульсатора від такту ссання до стиску.

Однаковий діапазон зміни тривалості фронту та спаду імпульсів індикаторної діаграми обумовлений однаковими адіабатичними процесами відкачування та наповнення замкнутого об'єму робочих камер доїльного апарату. При цьому зміна вакуумметричного тиску в межах 44–52 кПа має несуттєвий вплив (до 18,5%). Але при мінімальних значеннях діаметрів перепускних отворів 6 мм тривалості фронту та спаду зростає до 0,14–0,18 с. Враховуючи рекомендації згідно стандарту на доїльні установки та досліджень науковців [10, 11], слід забезпечити зменшення тривалості фронту та збільшити тривалість спаду. Це можливо зробити шляхом підбору відповідних значень діаметрів перепускних отворів, що з'єднують камеру змінного вакуумметричного тиску із камерами постійного вакууму і атмос-

ферного тиску або внесення коректив в алгоритм роботи блока керування [14].

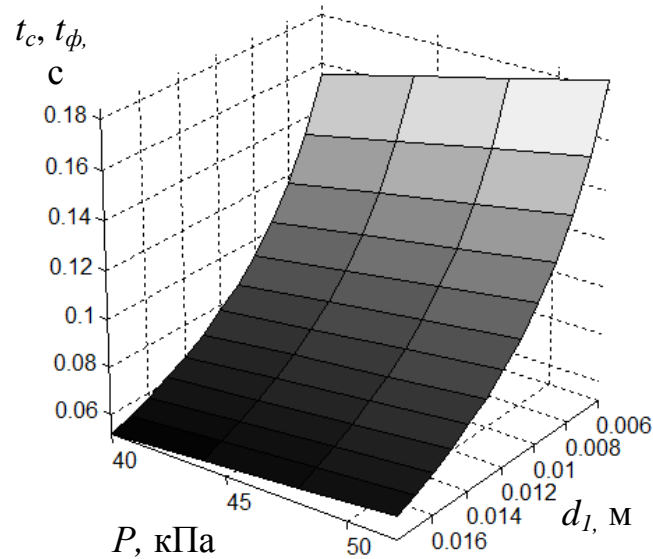


Рис. 3. Залежність тривалості фронту та спаду індикаторної діаграми при діаметрі нижнього і верхнього перепускних отворів діаметрами 6 мм та діаметрі мембрани $D_m=30$ мм.

Висновки

Використання пневмоелектромагнітного пульсатора попарної дії з підсилювальною ланкою дозволяє зменшити енергоспоживання але при цьому виникають часові затримки завершення руху клапанів, які треба враховувати при подальшому проектуванні блока керування пульсатора та алгоритму його роботи. Часові характеристики слід забезпечити в межах, що не виходять за рекомендовані інтервали, таким чином створюючи ощадливе доїння та наближуючи його до природнього процесу виведення молока.

Зміна тривалості фронту та спаду індикаторної діаграми можлива за рахунок встановлення відповідного набору діаметрів перепускних і каліброваних отворів.

Список літератури

1. Патент № 34481 Україна, МПК А01J7/007. Електромагнітний пульсатор попарної дії / Дмитрів В.Т., Лаврик Ю.М., Дмитрів І.В., Банга В.І. Заявл. 24.03.2008, опубл. 11.08.2008. Бюл. № 15.
2. Лаврик Ю.М. Структурна схема моделі пневмоелектромагнітного пульсатора / Ю.М. Лаврик // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Х., 2009. – № 79. – С. 262–267.
3. Дмитрів В.Т. Електропневмодинамічна модель енергоощадного електромагнітного пульсатора / В.Т. Дмитрів, Ю.М. Лаврик // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ ІМЕСГ, 2008. – №92. – С. 363–371.
4. Дмитрів В.Т. Модель витрати повітря елементами доїльного апарата / В.Т. Дмитрів // Вісник Львівського державного аграрного університету : Агроінженерні дослідження. – 2006. – № 10. – С. 483–488.

5. *Дмитриев В.Т.* Модель энергосберегающего электромагнитного пульсатора / *В.Т. Дмитриев* // Новые направления развития технологий и технических средств в молочном животноводстве: материалы 13-го Международного симпозиума по вопросам машинного доения сельскохозяйственных животных. 27–29 июня 2006 г. – Гомель, Республика Беларусь. – С. 157–160.
6. *Naumenko Alexander.* Determination of constructive – regime parameters of a pulsator for a milking machine / *Alexander Naumenko, Vladimir Uzhyk, Aleksey Chygryn* // Motrol, Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin, 2011. – № 13. – P. 244–248.
7. *Фененко А.І.* Порівняльна характеристика та режими роботи генераторів імпульсів доїльних апаратів / *А.І. Фененко, Д.О. Румар* // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2001. – № 84. – С. 167–171.
8. *Effect of vacuum and ratio on the performance of a monoblock silicone milking liner* / *S.B. Spencer, J.W. Shin, G.W. Rogers, J.B. Cooper* // Journal of dairy science. – Madison, 2007. – Vol. 90. – P. 1725–1728.
9. *Kochman A.K.* The effect of the duration of the C-Phase of pulsation on milking performance [Електронний ресурс] / *A.K. Kochman, C. Laney, S. B. Spencer* // LA. – New Orleans, 2008. – [2 с.]. – Режим доступу: <http://www.laurenagrisystems.com/lib/sitefiles/pdf/whitepapers/CPhase.pdf>. – Назва з екрану. – Дата звернення: 05.03.2015.
10. *Interactions of vacuum, b-phase duration, and liner compression on milk flow rates in dairy cows* / *R.D. Bade, D.J. Reinemann, M. Zucali, P.L. Ruegg, P.D. Thompson* // American dairy science association, Journal of dairy science. – Madison, 2009. – Vol. 92 No. 3. – P. 913–921.
11. *Дмитриев В.Т.* Алгоритмізація процесу машинного доїння корів / *В.Т. Дмитриев* // Праці. Таврійська державна агротехнічна академія. – Мелітополь: ТДАТА, 2006. – Вип. 40. – С. 36–41.
12. *Лаврик Ю.М.* Обґрунтування параметрів пневмоелектромагнітного пульсатора попарної дії доїльного апарата : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / *Ю.М. Лаврик*. – Львів, 2015. – 24 с.
13. *Дмитриев В.Т.* Блок управління роботою електромагнітного пульсатора попарного действия / *В.Т. Дмитриев, Ю.М. Лаврик* // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2010. – № 84. – С. 151–152.

На примере доильного аппарата, оборудованного пневмо-электромагнитным пульсатором попарного действия, определены некоторые временные характеристики работы при заданных конструкционных размерах и значении номинального вакуумметрического давления. Приведены рекомендации по построению алгоритма работы блока управления электромагнитным пульсатором с усилительной звеном пневматического типа.

Пневмоэлектромагнитний пульсатор, временные характеристики, переходные процессы, алгоритм работы.

The example of the milking machine equipped pnevmoelektromagnetic pairs pulsators actions identified some characteristics of time for a given structural size and the nominal vacuum pressure. The recommendations on the design of the algorithm of the

control unit with electromagnetic pulsators amplifying element pneumatic type.

Pnevmoelektromagnetic pulsator, time characteristics, transients algorithm.

УДК 637.116:621.51

ОБГРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНИХ ВАКУУМНИХ НАСОСІВ З ПОХИЛИМ РОЗМІЩЕННЯМ ПЛАСТИН

***В.Ю. Дудін, М.М. Науменко, С.І. Павленко,
кандидати технічних наук***

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

Запропоновано точний розв'язок задачі з розрахунку площі поперечного перерізу робочої камери ротаційного вакуумного насоса з похилим розміщенням пластин в залежності від кута повороту ротора. Показано відмінності нового розв'язку в порівнянні з існуючим.

Вакуумний насос, фази розподілу повітря, об'єм робочої камери.

Постановка проблеми. Низький об'ємний ККД існуючих ротаційних вакуумних насосів доільних установок в першу чергу обумовлений великими внутрішніми перетіканнями повітря. Як свідчать літературні джерела, на внутрішні перетікання припадає приблизно 60 % втрат об'ємної продуктивності насосу [1]. Основним параметром, що закладається на стадії проектування насосу, який суттєво впливає на внутрішні перетікання повітря, є фази розподілу повітря, тобто положення та розміри всмоктувального та нагнітаючого вікон, які визначаються виходячи з наступних міркувань [1]:

- положення нижньої кромки всмоктувального вікна обирається таким чином, щоб розімкнення робочої камери зі всмоктувальним патрубком відбувалося в момент, коли об'єм робочої камери досягає максимального значення;

- положення верхньої кромки всмоктувального вікна повинно обиратися з умови рівності тиску в робочій камері та патрубка в початковий момент всмоктування;

- положення нижньої кромки нагнітаючого вікна за тієї ж умови, але на початку нагнітання;

© В.Ю. Дудін, М.М. Науменко, С.І. Павленко, 2015

- положення верхньої кромки нагнітаючого вікна повинно відповідати мінімальному об'єму робочої камери в кінці нагнітання.

З вищесказаного зрозуміло, що обґрунтований вибір положення та розмірів вікон в першу чергу залежить від правильного визначення зміни об'єму робочої камери в залежності від кута повороту ротора.

Аналіз останніх досліджень. Існуюча методика визначення залежності зміни об'єму робочої камери V_φ , максимальне значення якого визначає теоретичну продуктивність, від кута повороту ротора φ при значенні кута між пластинами β для ротаційних вакуумних насосів з радіальним розміщенням пластин приводиться авторами [1, 2] і має вигляд:

$$V_\varphi = S_\varphi \cdot l = \frac{1}{2} l \int_{\varphi - \frac{\beta}{2}}^{\varphi + \frac{\beta}{2}} \rho^2 d\varphi - r^2 \frac{\beta}{2}, \quad (1)$$

де: S_φ – площа поперечного перерізу робочої камери, м^2 ; l – довжина ротора, м ; ρ – відносний ексцентриситет, м ; r – радіус ротора, м .

Мета досліджень. Уточнити методику розрахунку площі поперечного перерізу робочої камери ротаційного вакуумного насосу з похилим розміщенням пластин в залежності від кута повороту ротора.

Результати досліджень. Рівняння (1) досить точно описує динаміку зміни об'єму камери для насосів з радіальним розміщенням пластин, у той же час автори пропонують користуватися цією залежністю і для насосів з похилим розміщенням пластин, кут нахилу ψ яких не перевищує 30° . Дійсно, для розрахунків продуктивності насосу (швидкості дії) ця залежність може бути застосована, тому що відхилення об'єму становить не більше 5 %.

Як видно з першої частини рівняння (1) визначальною величиною при розрахунках об'єму робочої камери буде площа її поперечного перерізу S_φ , тому задачею даної роботи є розробка достовірної методики розрахунку залежності її зміни від кута повороту ротора φ для насосів з похилим розміщенням пластин.

Розв'язок поставленої задачі ілюструється рис. 1, на якому показано, що робочі пластини орієнтуються вздовж дотичних до деякого кола радіусом r_0 і утворюють кожна із сусідньою прямі кути.

Початок системи координат XOY збігається з точкою перетину осей двох сусідніх пластин. При обертанні ротора система координат обертається разом із пластинами, які відсікають між поверхнею ротора радіусом r і внутрішньою поверхнею статора радіусом R об'єм робочої камери. Положення координатної системи при обертанні ротора завжди буде визначатися кутом φ , який утворює радіус

CD з нерухомим горизонтальним діаметром ротора. Радіус CD завжди перпендикулярний осі OX у точці дотику осі до кола радіусом r_0 .

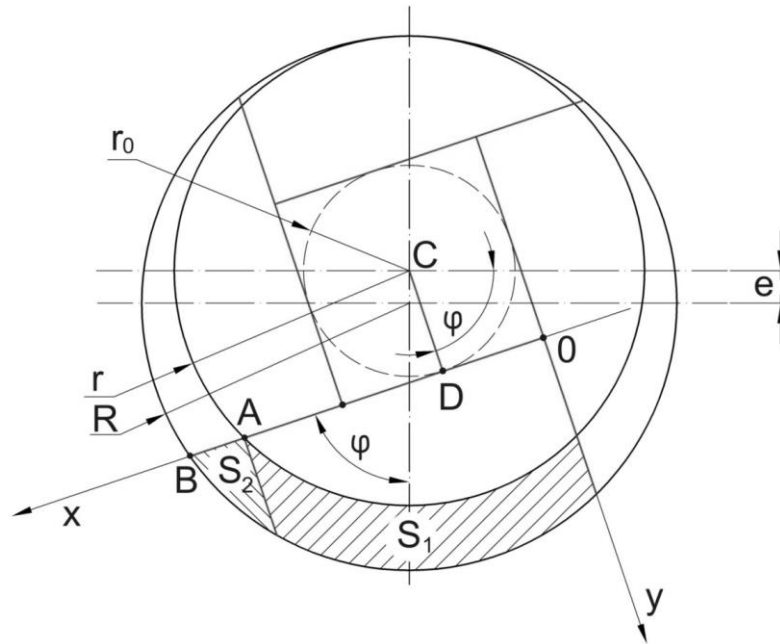


Рис. 1. Розрахункова схема.

Очевидно, що для будь-якого кута рівняння контуру перерізу ротора незмінно і буде мати вигляд:

$$(x - r_0)^2 + (y + r_0)^2 = r^2. \quad (2)$$

Для контуру перерізу статора маємо рівняння від кута φ :

$$(x - r_0 - e \cos \varphi)^2 + (y + r_0 - e \sin \varphi)^2 = R^2. \quad (3)$$

де: e – ексцентриситет насоса.

Координату точки А – характерної точки перерізу камери, точки перетину кола радіусу r з віссю OX, знаходимо з рівняння (2). Для $y=0$ маємо:

$$x^2 - 2xr_0 - r^2 + 2r_0^2 = 0.$$

Звідки,

$$x_A = \frac{2r_0^2 + \sqrt{2r_0^2 + 4(r^2 - 2r_0^2)}}{2} \quad (4)$$

Точку В знаходимо з рівняння (3), яке для $y=0$ має вигляд:

$$x^2 - 2x(r_0 + e \cos \varphi) + 2r_0^2 + 2r_0e(\cos \varphi - \sin \varphi) + e^2 - R^2 = 0$$

звідки

$$x_B = \frac{2(r_0 + e \cos \varphi) + \sqrt{(2r_0 + e \cos \varphi)^2 + 4[R^2 - 2r_0^2 - 2r_0e(\cos \varphi - \sin \varphi) - e^2]}}{2}. \quad (5)$$

З рівнянь (2) і (3): $y = \sqrt{r^2 - (x - r_0)^2} - r_0 = f_1(x)$;

$$y = \sqrt{R^2 - (x - r_0 - e \cos \omega t)^2} - r_0 + e \sin \omega t = f_2(x).$$

Частину площі перерізу камери S_1 , для якої $0 \leq x \leq x_A$ (рис. 1), будемо знаходити як $S_1 = \int_0^{x_A} [f_2(x) - f_1(x)] dx$.

Тобто,

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \int_0^{x_A} \left[\sqrt{R^2 - (x - r_0 - e \cos \omega t)^2} + e \sin \omega t - \sqrt{r^2 - (x - r_0)^2} \right] dx = \\
 &= \left[\frac{1}{2} (x - r_0 + e \cos \omega t) \sqrt{R^2 - (x - r_0 - e \cos \omega t)^2} + \frac{R^2}{2} \arcsin \frac{x - r_0 - e \cos \omega t}{R} \right]_0^{x_A} + \\
 &+ e \sin \omega t \cdot x_A - \left[\frac{1}{2} (x - r_0) \sqrt{r^2 - (x - r_0)^2} + \frac{r^2}{2} \arcsin \frac{x - r_0}{r} \right]_0^{x_A} = \quad (6) \\
 &= \frac{1}{2} \left[(x_A + e \cos \omega t) \cdot (\sqrt{R^2 - (x_A - r_0 - e \cos \omega t)^2} - \sqrt{R^2 - (r_0 + e \cos \omega t)^2}) \right] + \\
 &+ \frac{R^2}{2} \left(\arcsin \frac{x_A - r_0 - e \cos \omega t}{R} + \arcsin \frac{r_0 - e \cos \omega t}{R} \right) - \\
 &- \frac{1}{2} \left[(x_A - r_0) \sqrt{r^2 - (x_A - r_0)^2} + r_0 \sqrt{r^2 - r_0^2} \right] + \frac{r^2}{2} \left(\arcsin \frac{x_A - r_0}{r} + \arcsin \frac{r_0}{r} \right) + e \sin \omega t \cdot x_A
 \end{aligned}$$

Іншу частину площі перерізу камери S_2 , для якої $x_A \leq x \leq x_B$ (рис. 1), знайдемо як:

$$S_2 = \int_{x_A}^{x_B} f_2 dx.$$

Тобто,

$$\begin{aligned}
 S_2 &= \int_{x_A}^{x_B} \left[\sqrt{R^2 - (x - r_0 - e \cos \omega t)^2} - r_0 + e \sin \omega t \right] dx = \\
 &= \left[\frac{1}{2} (x - r_0 + e \cos \omega t) \sqrt{R^2 - (x - r_0 - e \cos \omega t)^2} + \frac{R^2}{2} \arcsin \frac{x - r_0 - e \cos \omega t}{R} - r_0 x + e \sin \omega t \cdot x \right]_{x_A}^{x_B} = \quad (7) \\
 &= \frac{1}{2} \left[(x_B - r_0 + e \cos \omega t) \cdot (\sqrt{R^2 - (x_B - r_0 - e \cos \omega t)^2} - (x_A - r_0 - e \cos \omega t) \sqrt{R^2 - (x_A - r_0 + e \cos \omega t)^2}) \right] + \\
 &+ \frac{R^2}{2} \left[\arcsin \frac{x_B - r_0 - e \cos \omega t}{R} - \arcsin \frac{x_A - r_0 - e \cos \omega t}{R} \right] - r_0 (x_B - x_A) + e \sin \omega t (x_B - x_A).
 \end{aligned}$$

Для площі перерізу $S_\varphi = S_1 + S_2$, за допомогою програмного забезпечення MS Excel побудована графічна залежність $S_\varphi = f(\varphi)$ для насоса з наступними геометричними параметрами: діаметр статора – 105 мм; діаметр ротора – 88 мм; ексцентриситет – 8,5 мм; кут нахилу пластин – 45°. Залежність $S(\varphi)$ наведена на рис. 2 штриховою лінією, суцільною лінією представлена та ж залежність, визначена за формулою (1).

Співставлення кривих свідчить, що при використанні формул (6), (7) спостерігаються деякі відмінності, які незначно впливають на розрахункову продуктивність (відхилення менше 0,5 %). Що стосується фаз розподілу повітря, то максимальне значення S_φ , а зна-

чить, і об'єму робочої камери спостерігається не в точці, яка відповідає $\varphi=0^\circ$, а в точці, яка зміщена на $13,4^\circ$ (рис. 2). Зміщення мінімального значення S_φ не настільки значне і становить $2,8^\circ$.

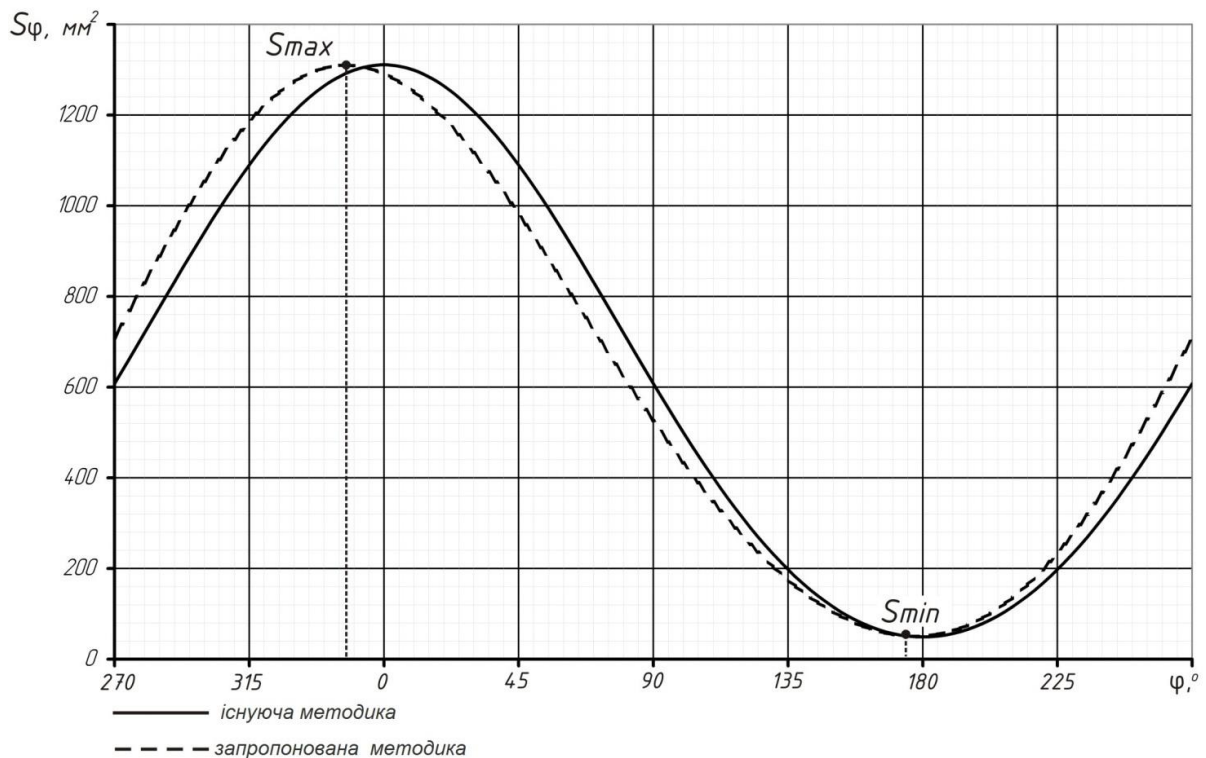


Рис. 2. Залежність площі поперечного перерізу робочої камери від кута повороту ротора φ насоса.

Крім того, з отриманої залежності видно, що зміщення кривих спостерігається практично у всьому діапазоні значень кута повороту ротора φ .

Висновок. У цілому за результатами роботи можна зробити наступні висновки: запропоновано точний розв'язок задачі з розрахунку площі поперечного перерізу робочої камери ротаційного вакуумного насосу з похилим розміщенням пластин в залежності від кута повороту ротора; отримана можливість більш точно визначати положення всмоктувального і нагнітаючого вікон.

Список літератури.

1. Мжельский Н.И. Вакуумные насосы для доильных установок / Н.И. Мжельский. – М.: Машиностроение, 1974. – 151 с.
2. Механические вакуумные насосы / [Е.С. Фролов, И.В. Автономова, В.И. Васильев и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.

Предложено точное решение задачи по расчету площади поперечного сечения рабочей камеры ротационного вакуумного на-

соса с наклонными пластинами в зависимости от угла поворота ротора. Показаны отличия нового решения по сравнению с существующим.

Вакуумный насос, фазы распределения воздуха, объем рабочей камеры.

The exact decision of a problem by calculation of the area of cross-section section of the working chamber of the rotary vacuum pump depending on a rotor angle of rotation is offered. Differences of the new decision in comparison with existing are shown.

Vacuum pump, the phase distribution of the air, volume of the working chamber.

УДК 637.116:621.65

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАСТИНЧАТИХ ВАКУУМНИХ НАСОСІВ

В.Ю. Дудін, кандидат технічних наук

***С.І. Павленко, Д.Ф. Кольга, кандидати технічних наук
Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет***

М.В. Колончук, інженер

Білоруський державний аграрний технічний університет

Приведено результати теоретичних досліджень ротаційних пластинчатих вакуумних насосів, на їхній основі приведено необхідні рекомендації із проектування та експлуатації. Уніфіковано теоретичні положення розрахунку потужності тертя вакуумних насосів з радіальними та похилими пластинами.

Вакуумний насос, тертя, пластина, потужність.

Постановка проблеми. Найбільш навантаженими деталями вакуумних пластинчастих насосів є пластини. Залежно від розмірів насоса, перепаду тиску, матеріалу пластин, способу змащення і охолодження ставлять від 2 до 30 пластин. Змащення зменшує тертя пластин по циліндру. Відсутність мастила викликає посилене зношування пластин і корпуса насоса. Однак хвилеподібний знос поверхні циліндра між нагнітальним та всмоктувальним вікном часто виявляється візуально навіть у машинах з нормальним змащенням [1].

© В.Ю. Дудін, С.І. Павленко, Д.Ф. Кольга, М.В. Колончук, 2015

Наявність зношування підсилює вібрацію пластин у цій зоні і викликає їх заклинювання. Виявлення причин появи хвилеподібного зносу циліндра є важливим завданням проектування пластинчастих насосів і компресорів. Рішення цього завдання можливо на основі вивчення динаміки тертя пластин по поверхні циліндра. У насосах з радіальними пластинами розрахунок механічних втрат утруднений через необхідність роздільного визначення роботи тертя від дії сили інерції та сили тиску повітря [2]. Методика розрахунку аналогічних показників похилих пластин ще складніша. Її основні положення побудовані шляхом інтуїтивного корегування залежностей динаміки тертя радіальних пластин. Узагальнена математична модель складової потужності тертя пластин у всьому можливому діапазоні кутів їхнього нахилу сприяла б виявленню закономірностей зношування, властивого ротаційним насосам.

Мета досліджень. Удосконалення методики розрахунку тертя пластини по циліндру пластинчастих вакуумних насосів.

Результати досліджень. За існуючою методикою розрахунку потужності тертя пластин [2] спочатку визначають роботу і потужність тертя однієї пластини по циліндру без обліку сили тиску повітря. Сила інерції пластини (рис. 1):

$$P_i = P_u + P_n + P_k, \quad (1)$$

де: $P_u = m\omega^2 \left(\rho - \frac{h}{2} \right)$ – відцентрова складова, пропорційна прискоренню від обертання;

$P_n = m \frac{d^2 \rho}{dt^2}$ – складова, пропорційна прискоренню при зворотно-поступальному русі пластини в пазу ротора;

$P_k = 2m\omega \frac{d\rho}{dt}$ – Коріолісова сила; m – маса пластини; $\rho - \frac{h}{2}$ – поточний радіус-вектор центра ваги пластини;

$\frac{d\rho}{dt}$ – відносна швидкість пластини в обертовому русі; ω – кутова швидкість обертання ротора.

Підставляючи значення ρ з рівняння, для складові сили інерції, знаходимо наступні залежності:

$$P_u = m\omega^2 R \left(1 + \frac{e}{R} \cos \varphi - \frac{h}{2R} - \frac{e^2}{2R^2} \sin^2 \varphi \right), \quad (2)$$

$$P_n = m\omega^2 R \left(\frac{e}{R} \cos \varphi + \frac{e^2}{R^2} \right), \quad (3)$$

$$P_k = 2m\omega^2 R \frac{e}{R} \sin \varphi, \quad (4)$$

Силу ваги пластини в розрахунках не враховують, вона в 100...200 разів менше всіх інших сил, що діють на неї.

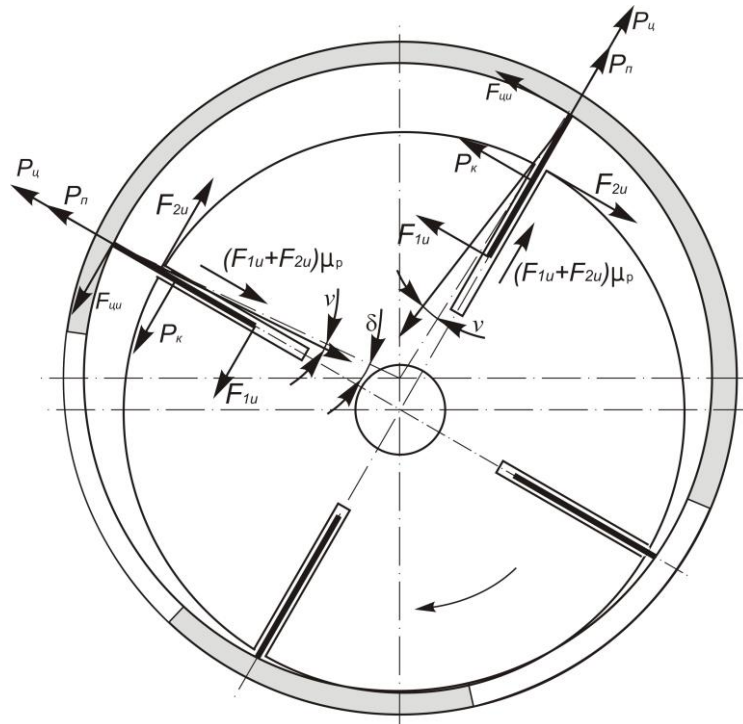


Рис. 1. Схема розподілу навантажень від сили інерції, що діє на радіальну пластину.

При ковзанні пластини по циліндру, під дією сили інерції виникає сила тертя F_{wu} , при русі в пазу ротора - сила тертя F_{nu} . Обидві сили спрямовані в бік, протилежний руху пластини. Складемо систему рівнянь для пластини при повороті ротора від 0 до 180° :

$$\begin{cases} F_{1u} + P_\kappa \frac{h}{2} - F_{2u}(\rho - r) = 0 \\ P_\kappa \frac{h}{2} + R_u h \sin(v + \delta) - F_{2u}[h - (\rho - r)] = 0 \\ (F_{1u} + F_{2u})\mu_p + P_u + P_n - R_u \cos(v + \delta) = 0 \end{cases} \quad (5)$$

де: R_u – реакція на пластину з боку циліндра, спрямована під кутом v до радіусу циліндра R ; F_{1u} та F_{2u} – нормальні реакції на пластину з боку ротора; $F_{nu} = (F_{1u} + F_{2u})\mu_p$ – сила тертя пластини в пазу ротора; r – радіус ротора; μ_p – коефіцієнт тертя пластини по поверхні пазу ротора.

З системи рівнянь (5) знаходимо:

$$R_u = \frac{P_u + P_n + \mu_p P_\kappa \frac{\rho - r}{h - (\rho - r)}}{\cos(v + \delta) - \mu_p \sin(v + \delta) \frac{h + (\rho - r)}{h - (\rho - r)}} \quad (6)$$

При повороті від 180 до 360° :

$$\begin{cases} F_{1u} + P_{\kappa} \frac{h}{2} - F_{2u}(\rho - r) = 0 \\ P_{\kappa} \frac{h}{2} + R_u h \sin v - F_{2u}[h - (\rho - r)] = 0 \\ (F_{1u} + F_{2u})\mu_p - P_u - P_n + R_u \cos(v + \delta) = 0 \end{cases} \quad (7)$$

З системи рівнянь (7):

$$R_u = \frac{P_u + P_n - \mu_p P_{\kappa} \frac{\rho - r}{h - (\rho - r)}}{\cos(v + \delta) - \mu_p \sin(v + \delta) \frac{h + (\rho - r)}{h - (\rho - r)}} \quad (8)$$

Сила тертя пластини по циліндру:

$$F_{\text{ци}} = \mu_u \cos v R_u = \frac{\mu_u}{\sqrt{1 + \mu_u^2}} R_u, \quad (9)$$

Але тому що коефіцієнт тертя пластини по циліндру рідко буває більше 0,15 [3], то можна прийняти $F_{\text{ци}} = \mu_u R_u$. Тоді складова роботи тертя $L_{\text{ци}}$ пластини по циліндру рівна:

$$L_{\text{ци}} = \int_0^{2\pi} F_{\text{ци}} \rho d\varphi = \mu_u \int_0^{2\pi} R_u v d\varphi. \quad (10)$$

Графік зміни $\frac{R_u}{m\omega^2 R}$ без врахування перепаду тиску представлений плавною кривою 1 на рис. 2.

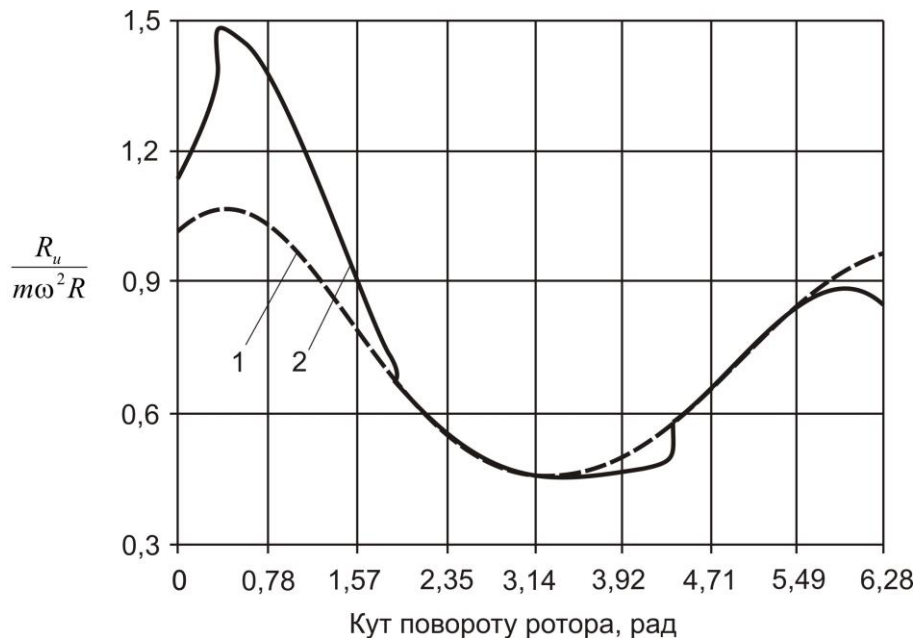


Рис. 2. Крива зміни $\frac{R_u}{m\omega^2 R}$: 1 – без врахування перепаду тиску; 2 – з врахуванням перепаду тиску.

Потім визначають роботу і потужність тертя пластин при дії лише сили тиску повітря $P_{\Delta p}$. Такий поділ удвічі збільшує час обчислювальних операцій і виключає оцінку сили тертя пластини по циліндрі з обліком всіх діючих сил. При обертанні ротора пластина в пазу займає під дією сили тертя похиле положення, упираючись своєю гранню в стінку паза. Це обумовлюється наявністю зазорів між пластиною і стінками паза. Зазор пластини в пазу ротора ротаційних машин становить 0,3...0,8 мм [2]. Середню довжину вільного пробігу молекул повітря при будь-якому тиску можна визначити по рівнянню (8):

$$\lambda = \frac{6,2 \cdot 10^{-3}}{p}, \quad (11)$$

Якщо вакуумний насос створює тиск усмоктування 50 кПа, то цьому тиску буде відповідати $\lambda=0,124 \cdot 10^{-3}$ мм. Така довжина вільного пробігу більш ніж в 2400 разів менше зазорів сучасних ротаційних машин. Отже, при розрахунках цих машин варто враховувати тиск повітря між пластиною і стінкою паза. Якби торцеві зазори в насосі були відсутні, то після проходження пластиною усмоктувального вікна тиск у пазу під пластиною можна вважати рівним тиску всмоктування, аж до досягнення пластиною нагнітального вікна. У цьому випадку необхідно враховувати не тільки силу від перепаду тисків між зонами всмоктування і нагнітання, як це робиться в наведеному розрахунку, але і силу від перепаду тисків між зоною нагнітання і пазом. Якщо прийняти тиск у пазу рівним тиску в зоні всмоктування, то силу від перепаду тисків можна прикласти до центра пластини, що дозволяє проводити спільний розрахунок втрат тертя з обліком всіх діючих сил. У цьому випадку реакція опори дорівнює (верхні знаки рівняння справедливі на стороні всмоктування, нижні - на стороні нагнітання):

$$R_u = \frac{P_u + P_n \pm \mu_p (P_k + P_{\Delta p}) \frac{\rho - r}{h - (\rho - r)}}{\cos(\nu + \delta) \mu \mu_p \sin(\nu + \delta) \frac{h + (\rho - r)}{h - (\rho - r)}}. \quad (12)$$

Робота тертя в пазу становить лише 0,3...0,5% від роботи тертя по циліндрі. З урахуванням приведеної формули робота тертя однієї пластини за один оберт складе 6,64 Дж (радіус корпусу $R=0,0725$ м; ексцентриситет $e=0,0094$ м; радіус ротора $r=0,063$ м; маса пластини $m=0,072$ кг; висота пластини $h=0,040$ м; частота обертання ротора $\omega=23,67 \cdot 2\pi=148,723$ рад/с; $\mu_u=0,1$; $\mu_n=0,1$; число пластин $n=4$). Для 4-х пластин робота тертя за один оберт складе 26,56 Дж, що відповідає потужності 628,67 Вт або 0,63 кВт. Якщо збільшити радіус корпусу у два рази, то потужність зросте до 2,08 кВт. Збільшення споживаної потужності відбудеться також у ви-

падку збільшення числа лопаток. Так, збільшення числа лопаток з 4-х до 12-ти збільшує споживану потужність приблизно в 3 рази.

Зменшення споживаної потужності при обраному незмінному значенні радіуса корпусу можливо за рахунок зменшення ексцентриситету, довжини і числа пластин, а також за рахунок збільшення висоти пластини. Споживана потужність при постійному радіусі корпусу змінюється прямо пропорційно величині ексцентриситету (рис. 3), назад пропорційно висоті пластин (рис. 3). При зменшенні довжини пластини споживана потужність зменшується практично прямо пропорційно. Так, при зменшенні довжини пластини на 16% споживана потужність зменшується лише на 0,71%. Збільшення тиску усмоктування зменшує потужність тертя. При збільшенні числа пластин споживана потужність збільшується майже прямо пропорційно числу пластин (рис. 3).

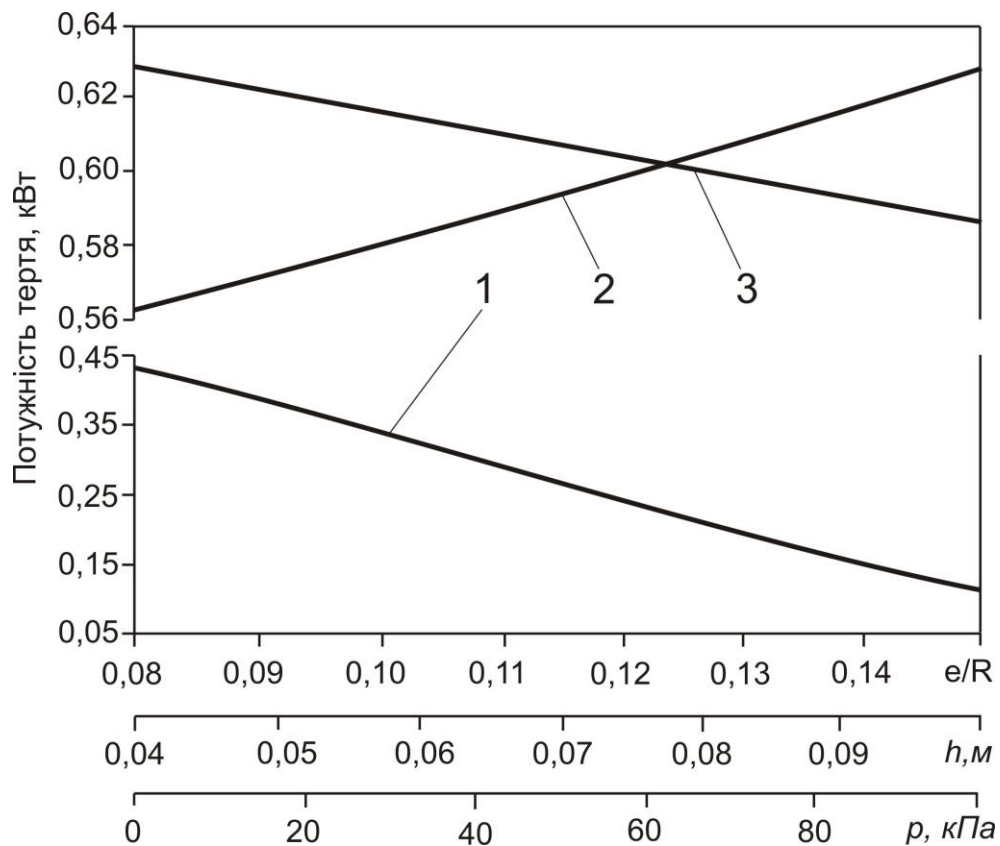


Рис. 3. Залежність потужності на тертя від висоти пластини (1), ексцентриситету (2) та тиску всмоктування (3).

При визначенні ексцентриситету, числа і довжини пластин визначальним фактором є продуктивність вакуумного насоса. Наприклад, для підвищення ефективності використання циліндра необхідно збільшувати ексцентриситет. Однак величина його обмежена в остаточному підсумку можливою глибиною паза ротора. Так, наприклад, якщо при максимальному вильоті пластини висота виступаю-

чої з ротора її частини становить $2e$, тобто для нормальної роботи необхідно, щоб повна висота пластини $h = (3,5...4)e$, а глибина паза $h_n = h + (0,5...1 \text{ мм})$, що виключає заклинювання пластини в пазу ротора. Крім того, при збільшенні ексцентриситету росте момент, що згинає пластину. З огляду на ці умови, в існуючих машинах величину ексцентриситету приймають $e=(0,09...0,15)R$ [2].

Менші значення беруть при високих відношеннях тисків і у двоступінчастих компресорах, а більші – у повітрорудках та вакуумних насосах. Отже, найбільш ефективним способом зниження потужності тертя пластин є збільшення висоти пластин. При незмінному значенні ексцентриситету, не зменшуючи продуктивності вакуумного насоса, збільшення висоти пластини дозволяє значно зменшити потужність тертя пластин. Основний шлях збільшення глибини паза - застосування похилих пазів роторів (рис. 4).

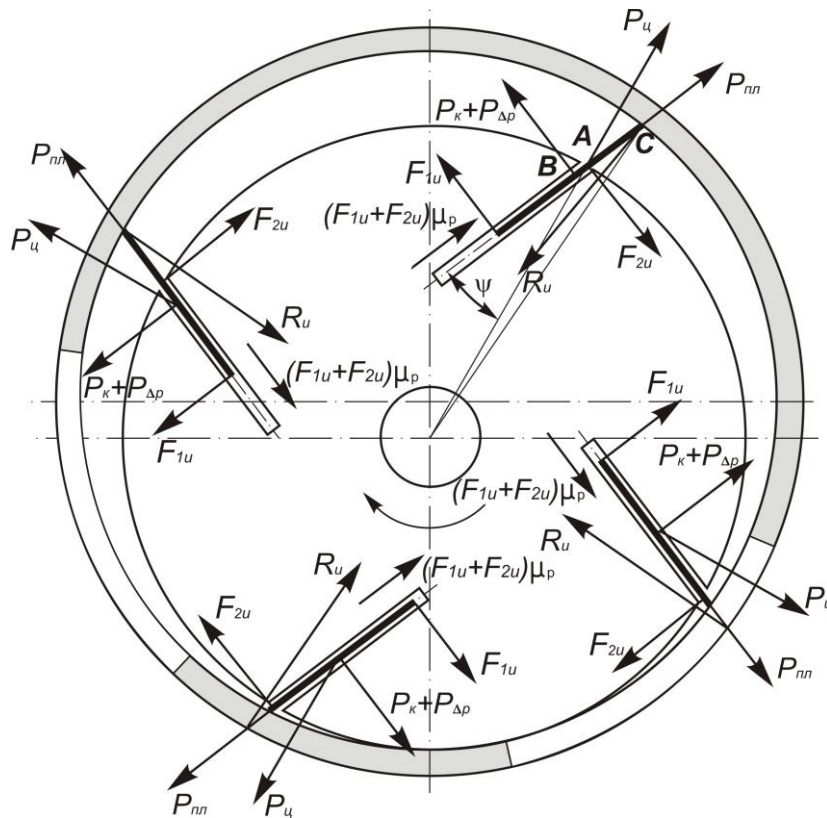


Рис. 4. Схема розподілу навантажень похилих пластин по ходу обертання ротора.

Необхідний нахил пластин визначається кутом ψ між пластиною й прямою, що з'єднує центр ротора із краєм паза (відрізок OA на рис. 4). Визначимо величину відрезка AC , що представляє собою виступаючу з паза частину пластини. Для цього розглянемо трикутник ΔOAC . Позначимо $AC = s$.

$$\rho = \sqrt{r^2 + s^2 - 2rs \cos(\pi - \psi)} = \sqrt{r^2 + s^2 + 2rs \cos\psi} . \quad (13)$$

Розв'язуючи рівняння (13), знаходимо:

$$s = -r \cos \psi + \sqrt{(r \cos \psi)^2 + \rho^2 - r^2}. \quad (14)$$

Позначимо кут $\angle ACO = \alpha$. З теореми синусів з $\triangle OAC$ знаходимо:

$$\sin \alpha = \frac{r \sin \psi}{\rho}, \cos \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{r \sin \psi}{\rho}\right)^2}. \quad (15)$$

Позначимо кут $\angle OBC = \beta$. З $\triangle OBC$ знаходимо:

$$\sin \beta = \frac{\rho \sin \alpha}{OB} = \frac{r \sin \psi}{OB}. \quad (16)$$

Для визначення $\sin \beta$ необхідно визначити величину OB . Для цього розглянемо $\triangle OBC$.

$$OB = \sqrt{\rho^2 + \left(\frac{h}{2}\right)^2 - 2\rho \frac{h}{2} \cos \alpha} = \sqrt{\rho^2 + \left(\frac{h}{2}\right)^2 - \rho h \cos \alpha} \quad (17)$$

Тоді,

$$\sin \beta = \frac{r \sin \psi}{\sqrt{\rho^2 + \left(\frac{h}{2}\right)^2 - \rho h \sqrt{1 - \left(\frac{r \sin \psi}{\rho}\right)^2}}}. \quad (18)$$

Складемо систему рівнянь. При повороті ротора від 0 до 180°:

$$\begin{cases} F_{1u}h - F_{2u}s + (P_u \sin(\pi - \beta) + P_\kappa + P_{\Delta p}) \frac{h}{2} = 0 \\ (P_\kappa + P_{\Delta p} + P_u \sin(\pi - \beta)) \frac{h}{2} - R_u h \sin(\alpha - \nu - \delta) - F_{2u}(h - s) = 0. \\ R_u \cos(\alpha - \nu - \delta) + P_u \cos(\pi - \beta) + \mu_p (F_{1u} + F_{2u}) + P_{nl} = 0 \end{cases} \quad (19)$$

Позначимо:

$$\alpha - \nu - \delta = \lambda \quad (20)$$

Тоді вираз R_u буде мати вигляд:

$$R_u = \frac{P_u \cos \beta + P_{nl} \pm (P_\kappa + P_{\Delta p} + P_u \sin \beta) \frac{\mu_p s}{h - s}}{\cos \lambda + \mu_p \sin \lambda \frac{h + s}{h - s}}. \quad (21)$$

де

$$\alpha - \nu + \delta = \lambda. \quad (22)$$

Верхні знаки рівняння (21) справедливі на стороні всмоктування, нижні – на стороні нагнітання. Розглянемо варіант нахилу пластин убік, протилежний обертанню (рис. 5).

Складемо систему рівнянь. При повороті ротора від 0 до 180°:

$$\begin{cases} F_{1u}h - F_{2u}s + (-P_u \sin(\pi - \beta) + P_\kappa + P_{\Delta p}) \frac{h}{2} = 0 \\ (P_\kappa + P_{\Delta p} - P_u \sin(\pi - \beta)) \frac{h}{2} + R_u h \sin(\alpha - \nu - \delta) - F_{2u}(h - s) = 0. \\ -R_u \cos(\alpha - \nu - \delta) + P_u \cos(\pi - \beta) + \mu_p (F_{1u} + F_{2u}) + P_{nl} = 0 \end{cases} \quad (23)$$

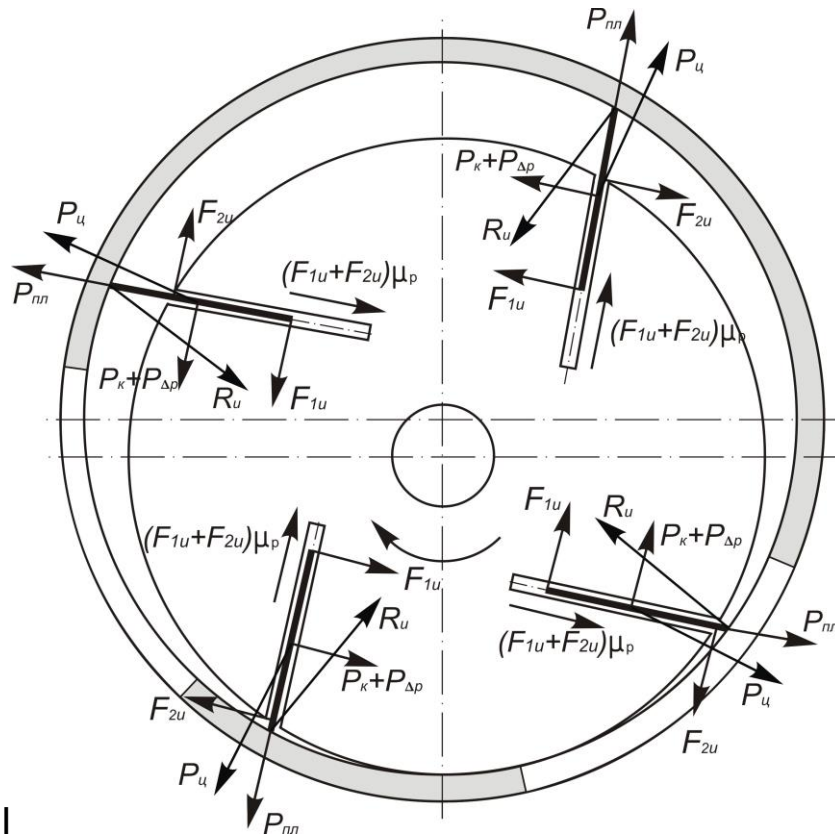


Рис. 5. Схема розподілу навантажень похилих пластин проти обертання ротора.

У цьому випадку вираз для визначення R_u буде мати такий вигляд:

$$R_u = \frac{P_u \cos \beta + P_{nl} \pm (P_\kappa + P_{\Delta p} - P_u \sin \beta) \frac{\mu_p s}{h - s}}{\cos \lambda \mu_p \sin \lambda \frac{h + s}{h - s}}, \quad (24)$$

Верхні знаки рівняння справедливі на стороні всмоктування, нижні – на стороні нагнітання. Проаналізуємо формули сили реакції на пластину з боку корпуса для радіальних пластин (12), для похилих по ходу обертання (21), а також для похилих проти обертання (24). Очевидно, що нахил пластин в обох випадках знижує силу реакції R_u . По-перше, це досягається поділом P_u на дві складові:

$P_u \cos(\pi - \beta)$ та $P_u \sin(\pi - \beta) \frac{\mu_p s}{h - s}$. Як показали розрахунки, сума цих складових перевищує P_u лише на кутах повороту близьких до 0° . По-друге, у формулі (24) друга складова має негативний знак. Однак, як показують розрахунки, найбільший ефект зниження R_u досягається у формулі (21), де в знаменнику всі члени позитивні. У результаті робота тертя мінімальна у випадку максимального повороту пластин по ходу обертання ротора (рис. 6).

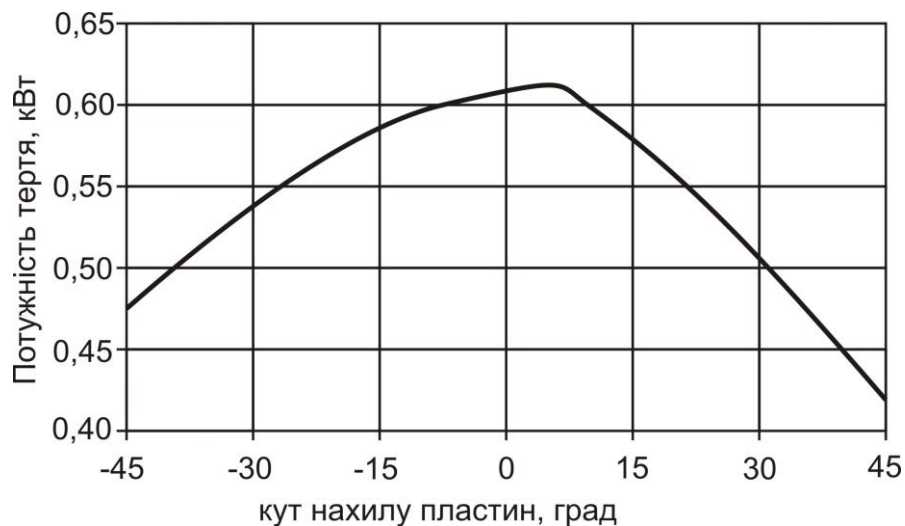


Рис. 6. Залежність потужності тертя пластин від кута нахилу пазів вакуумного насоса.

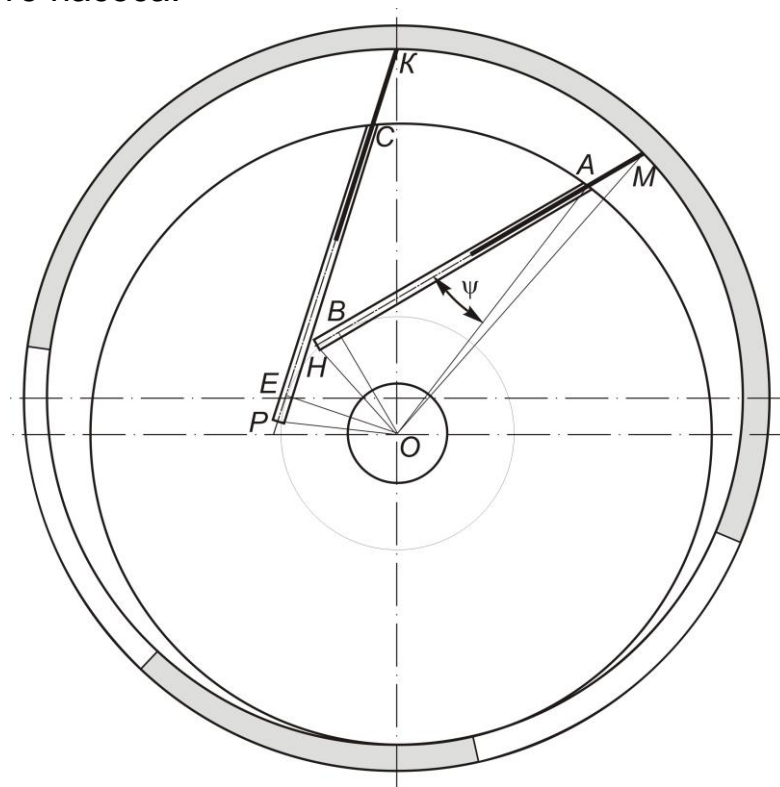


Рис. 7. Геометрична схема визначення оптимального розташування паза.

З рис. 6. видно, що мінімальна потужність тертя пластин по циліндрі становить 0,42 кВт при $\psi=45^\circ$. Якщо висота пластин буде максимальною для цього кута ($h_m = 0,089$ м), то потужність тертя складе 0,16 кВт. Рациональне положення пазів визначає система рівнянь (25), складених у відповідності до рис. 7.

$$\left\{ \begin{array}{l} AO = r \\ AB = r \cos \psi \\ \angle AOC = \frac{2\pi}{z} = \theta \\ \angle COB = \frac{\pi}{2} - \psi - \theta \\ EOC = \frac{\pi}{2} - \psi \\ \angle BOH = \frac{\angle COE - \angle COB}{2} = \frac{\frac{\pi}{2} - \psi - (\frac{\pi}{2} - \psi - \theta)}{2} = \frac{\theta}{2} \\ BH = OB \operatorname{ctg} \angle BOH = r \sin \psi \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \\ AH = r \cos \psi + r \sin \psi \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \end{array} \right. \quad (25)$$

Умова екстремуму:

$$AH(\psi)' = -r \sin \psi + r \cos \psi \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = 0. \quad (26)$$

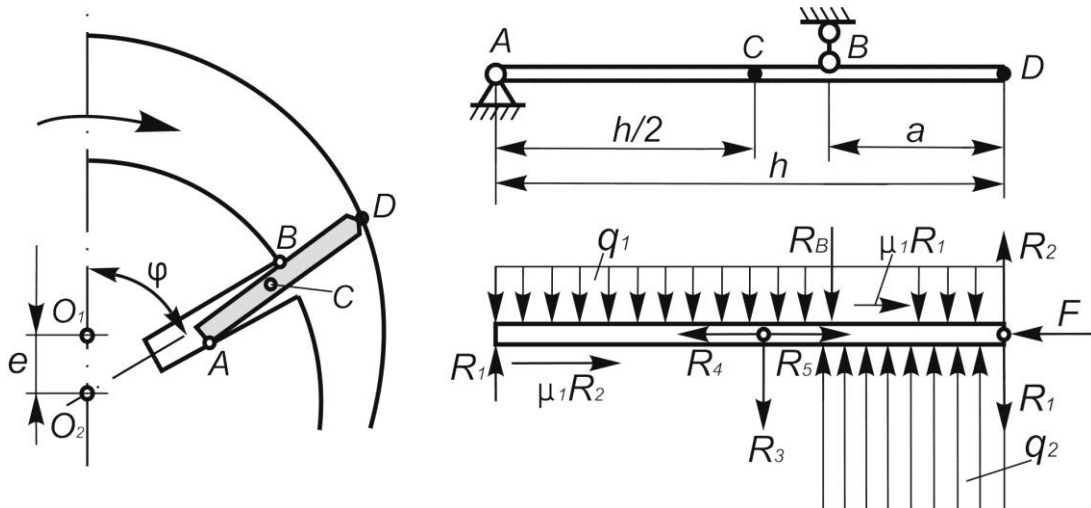


Рис. 8. Розрахункова схема зусиль, що діють на пластину

Звідки $\psi = \frac{\theta}{2} = \frac{\pi}{z}$. Таким чином, кут нахилу пазів у роторі зворотно пропорційний числу пластин. Для оптимального вибору матеріалу пластини, її товщини (при відомій ширині) необхідно врахо-

увати зусилля, які на неї діють, з урахуванням перепаду тисків. Реакції пластини в пазу ротора визначають із рівнянь статки, запропонованих [5]. Схема розташування сил наведена на рис. 8, де робоча камера перебуває на куту стиску газу.

Реакції пластин у точках A і B :

$$R_A = \frac{a}{h-a} \left[(q_1 h + R_3) \left(1 - \frac{h}{2a} \right) + q_2 \frac{a}{2} + (\sin \gamma \cos \gamma + \mu_2 \cos^2 \gamma) F \right]. \quad (27)$$

$$R_B = \frac{h}{2(h-a)} \left[q_1 h + R_3 + q_2 a \frac{2h-a}{h} + 2(\sin \gamma \cos \gamma + \mu_2 \cos^2 \gamma) F \right]. \quad (28)$$

де: a – виступаюча з ротора частина пластини, м.

Поздовжня сила від доцентрового прискорення і прискорення пластини щодо ротора:

$$R_5 = -m_{nl} (j_C + j_{3/2}). \quad (29)$$

Поздовжня складова ваги пластини:

$$R_4 = -m_{nl} g \cos \varphi. \quad (30)$$

де: μ_1 – коефіцієнт тертя пластини в пазу ротора.

$$F'_{mp} = \pm \mu_1 (|R_A| + |R_B|), \quad (31)$$

Знак «+» ставиться до кута повороту пластини від 0 до π , а знак «-» від π до 2π . Знак у формулі (31) ураховується коефіцієнтом $A = \sin \varphi / |\sin \varphi|$:

$$F'_{mp} = A \mu_1 (|R_A| + |R_B|). \quad (32)$$

Ця формула справедлива при всіх значеннях кута φ повороту ротора, за винятком $\varphi = 0$ і π . Однак при цих кутах повороту сила тертя $F'_{mp} = 0$, тому що швидкість переміщення пластин у пазах ротора $v_{32} = 0$. Сумарна поздовжня сила визначається як сума сил:

$$F = R_4 + R_5 + F'_{mp}. \quad (33)$$

При $\varphi = 0$ та π поздовжня сила:

$$F = R_4 + R_5. \quad (34)$$

Підставивши значення R_A й R_B і вирішивши рівняння (33) відносно F , одержимо:

$$F = \frac{R_4 + R_5 + \mu_1 [a / (h-a)] (q_1 h + R_3) + \mu_1 [h / (h-a)] q_2 a}{1 - \mu_1 (\sin \gamma \cos \gamma + \mu_2 \cos^2 \varphi) [(h+a) / (h-a)]}. \quad (35)$$

Необхідно відзначити, що в даному розрахунку через малі значення не враховують поздовжні сили: $\mu_2 F \cos \gamma \sin \gamma$ і $F \sin^2 \gamma$, а також моменти від сил тертя пластин у пазу ротора:

$$M_A = \mu_1 R_B \delta \quad M_B = \mu_1 R_A \delta,$$

де: δ – товщина пластини. При цьому помилка не перевищує 1...1,5 %.

Висновок. У пластинчастих вакуумних насосах зменшення споживаної потужності при обраному постійному значенні радіуса корпусу можливо за рахунок зменшення ексцентриситету, довжини й числа пластин, а також за рахунок збільшення висоти пластини. Найбільш ефективним способом зниження потужності тертя пластин є збільшення висоти пластин. Основний шлях збільшення глибини паза - застосування похилих пазів. При цьому пази ротора повинні мати максимальну глибину, а кут їхнього нахилу обернено пропорційний числу пластин.

Список літератури.

1. Хлумский В. Ротационные и вакуум-насосы / В. Хлумский. – М.: Машиностроение, 1971. – С. 12.
2. Головинцов А.Г. Ротационные компрессоры / А.Г. Головинцов, В.А. Румянцев, В.И. Ардашев. – М.: Машиностроение, 1964. – С. 63–71.
3. Напряжения, возникающие в материале лопаток ротационных компрессоров и вакуум-насосов в зоне контакта с поверхностью цилиндра / Ю.В. Пешти// Известия высших учебных заведений, №4. – М.: Машиностроение, 1962. – 260 с.
4. Основы вакуумной техники: учебник для техникумов / [А.И. Пилко, В.Я. Плисковский, Б.И. Королев, В.И. Кузнецов: 2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Энергоиздат, 1981. – С. 25.
5. Механические вакуумные насосы / [Е.С. Фролов, И.В. Автономова, В.И. Васильев и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.

Приведены результаты теоретических исследований ротационных пластинчатых вакуумных насосов, на их основе приведены необходимые рекомендации по проектированию и эксплуатации. Унифицированы теоретические положения расчетов мощности трения вакуумных насосов с радиальными и наклонными пластинами.

Вакуумный насос, трение, пластина, мощность.

Results of theoretical studies of rotary vane vacuum pumps based on them are given the necessary recommendations on the design and operation. A unified theoretical principles of power calculations friction vacuum pump with radial and inclined plates.

Vacuum pump, friction, vane, power.

ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ З РІЗНИМИ РЕЖИМАМИ РОБОТИ КЕРУЮЧОЇ ЛАНКИ

***О.О. Заболотько, кандидат технічних наук
В.М. Демченко, магістр***

Приведена виробнича перевірка режимів роботи керуючої ланки доїльних апаратів з різними режимами роботи. Показані переваги за біотехнологічними показниками доїльного апарата попарно-комбінованої дії порівняно з існуючими апаратами одночасної (АДУ-1) та попарної (ІНТЕРПУЛЬС-90) дії.

Доїльний апарат, режими роботи, одночасний режим, попарний режим, попарно-комбінований режим, біотехнологічні показники, молоковіддача, молоковиведення, корова.

Постановка проблеми. Сучасні доїльні установки та доїльні апарати яким вони обладнані, що використовуються у світовій практиці забезпечують два режими роботи: одночасне виведення молока та попарне виведення молока з дійок вимені.

Біотехнологічні властивості доїльних апаратів та обладнання для тваринництва оцінюють показниками якості функціонування машин та обладнання за призначенням. Стосовно доїльних апаратів останні оцінюються повнотою виведення молока, тривалістю доїння, простотою конструкції та надійністю роботи.

Аналіз останніх досліджень. На кафедрі механізація тваринництва механіко-технологічного факультету запропонований удосконалений адаптивний доїльний апарат, який забезпечує попарно-комбінованого режим роботи доїльних стаканів [1–4]. Використовуються і інші сучасні доїльні апарати з різними режимами роботи стаканів [5–10].

Мета досліджень. Для вибору шляхів розвитку та вдосконалення конструкції доїльних апаратів необхідно проводити оцінку доїльних апаратів з різними режимами дії доїльних стаканів за показниками динаміки виведення молока, тривалості та кількості молока при машинному доїнні і додоюванні, повноти видоювання, інтенсивності доїння та тривалості холостого доїння. Вказані показники опосередковано характеризують стимулюючу здатність режиму роботи доїльного апарата.

Результати досліджень. Сучасні доїльні апарати забезпечують два режими роботи: одночасне виведення молока з усіх дійок

© О.О. Заболотько, В.М. Демченко, 2015

вимені, коли такти синхронно чергуються в усіх доїльних стаканах, та попарне виведення, при якому зміна тактів в доїльних стаканах відбувається попарно.

Перший режим характеризується високою інтенсивністю виведення молока з вимені і максимально-пульсуючим надходженням його в камеру колектора при тактах ссання. Такий характер надходження молока в камеру колектора супроводжується різкими коливаннями вакуумметричного тиску у піддійкових просторах доїльних стаканів, переповненням молокозбірної камери колектора молоком, що є однією з причин захворювання дійок маститом.

Попарний режим роботи стаканів забезпечує відносно стабільне надходження молока у камеру колектора протягом всього циклу доїння. Крім того, вказаний режим майже у двічі збільшує кількість подразнень рецепторів дійок, що суттєво покращує стимуляцію рефлексу молоковіддачі. Він, в принципі, може також сприяти вирівнюванню часу доїння долей вимені з різною кількістю молока, за рахунок зміни тривалості тактів ссання або кількості стимулюючих подразнень в окремих парах стаканів.

Основним же недоліком попарного режиму існуючих апаратів є те, що інтенсивність потоку молока удвічі менша порівняно з варіантом одночасного режиму роботи стаканів.

Враховуючи переваги і недоліки вказаних режимів, обґрунтовано режим роботи стаканів апарата попарно-комбінованого типу, при якому протягом доїння в різних парах доїльних стаканів відбувається зміщення окремих фаз тактів ссання і стиску на певну величину, яка визначається різницею частоти пульсації між парами.

Фізіологічну оцінку дослідного апарата провели шляхом визначення показників динаміки молоковиведення з відповідними показниками серійних доїльних апаратів одночасної (АДУ-1) та попарної (ІНТЕРПУЛЬС-90) дій.

Дослідження проведені за методом груп-періодів на коровах української чорно-рябої молочної породи з надоем 5560–6000 кг за лактацію, на другому та третьому місяцях, після першого і другого отелення. Утримання корів прив'язне.

Доїння корів триразове на установці АДМ-8А. Доїння корів проводили згідно з діючими правилами машинного доїння [11].

Робочі параметри доїльної установки відповідали паспортним вимогам. Параметри молоковиведення визначали за допомогою ковшового лічильника апаратом "ДАЧ-1"

Дослідженнями підтверджена працездатність доїльного апарата попарно-комбінованої дії і ряд статистично достовірних переваг його порівняно з вище названими апаратами (табл. 1).

1. Біотехнологічні показники доїльних апаратів з одночасною (АДУ-1), попарною (ІНТЕРПУЛЬС-90) та попарно-комбінованою(удосконалений) дією стаканів.

Показники	Варіанти доїльних апаратів			Різниця, %	
	АДУ-1	ІНТЕРПУЛЬС-90	попарно-комбінований	від АДУ-1	від ІНТЕРПУЛЬС-90
Надій, кг:					
- машинний	5,65 ± 0,16	6,28 ± 0,2	6,35 ± 0,15	12,4	1,1
-машинного додоювання	0,122 ± 0,02	0,12 ± 0,03	0,136 ± 0,02	11,5	11,5
- сумарний разовий	5,77 ± 0,18	6,4 ± 0,21	6,49 ± 0,16	12,5	1,4
Тривалість, хв.:					
-машинного доїння	3,75 ± 0,18	3,9 ± 0,2	3,8 ± 0,17	1,3	2,6
-машинного додоювання	0,63 ± 0,06	0,82 ± 0,1	0,57 ± 0,07	9,5	29,4
- разом	4,38 ± 0,23	4,72 ± 0,2	4,37 ± 0,18	0,2	7,4
Холосте доїння, хв	1,4 ± 0,1	1,52 ± 0,08	1,43 ± 0,1	2,1	5,9
Інтенсивність доїння, кг/хв					
- середня загальна	1,32 ± 0,09	1,36 ± 0,1	1,49 ± 0,1	12,9	9,6
- середня машинна	1,51 ± 0,1	1,61 ± 0,08	1,67 ± 0,09	10,6	3,7

При цьому встановлено, що в разі доїння корів дослідним апаратом величина машинного і разового удоїв збільшилась на 0,7 і 0,72 кг (12,5 %) порівняно з апаратом АДУ-1. Тривалість машинного і разового доїння в обох апаратів практично однакові, їх різниця не перевищує 1,3 %. Статистично недостовірною є також різниця тривалостей холостого доїння окремих четвертей вимені вказаними апаратами (2,1 %).

За показниками середньої інтенсивності машинного доїння дослідний зразок апарата перевищив на 10,6 % апарат АДУ-1 (1,67 проти 1,51 кг/хв), а за середньою інтенсивністю разового доїння на 12,9 % (1,49 проти 1,32 кг/хв).

В порівнянні з апаратом ІНТЕРПУЛЬС–90 попарної дії стаканів величини машинного і разового удоїв практично однакові (ІНТЕРПУЛЬС-90 – 6,4 кг, а дослідний 6,49 кг). Тривалість разового доїння дослідним апаратом менша на 7,4 %, а холостого доїння – на 5,9 %

ніж апаратом ІНТЕРПУЛЬС-90. При цьому в удосконаленому варіанті на 29,4 % зменшилась тривалість машинного додоювання.

Зменшення тривалості доїння дослідним апаратом в свою чергу підвищило середню і середню машинну інтенсивність доїння відповідно на 9,6 і 3,7 %.

Порівняння показників динаміки молоковиведення та їх відхилення пояснюється однаковим характером дії та малою різницею між режимами роботи апарата за кількістю подразнень рецепторів дійок, які виникають від зміни частоти пульсів між парами доїльних стаканів. Криві динаміки виведення молока (рис. 1) вказують на переваги доїльного апарата попарно-комбінованої дії за рівномірністю і швидкістю доїння порівняно з апаратами, відповідно, АДУ-1 та ІНТЕРПУЛЬС-90. Для дослідного апарата площа на діаграмі, що означає кількість видоєного молока при машинному доїнні більше. Графічно підтверджується, що дослідний апарат має меншу максимальну інтенсивність доїння порівняно з АДУ-1, але більшу ніж апаратом ІНТЕРПУЛЬС-90. Проте характер молоковіддачі нового доїльного апарата свідчить про більш тривалий час забезпечення високої середньої швидкості доїння, що свідчить про кращу стабільність виведення молока новим апаратом, останнє підтверджується і даними таблиці щохвилинного виведення молока (табл. 2.)

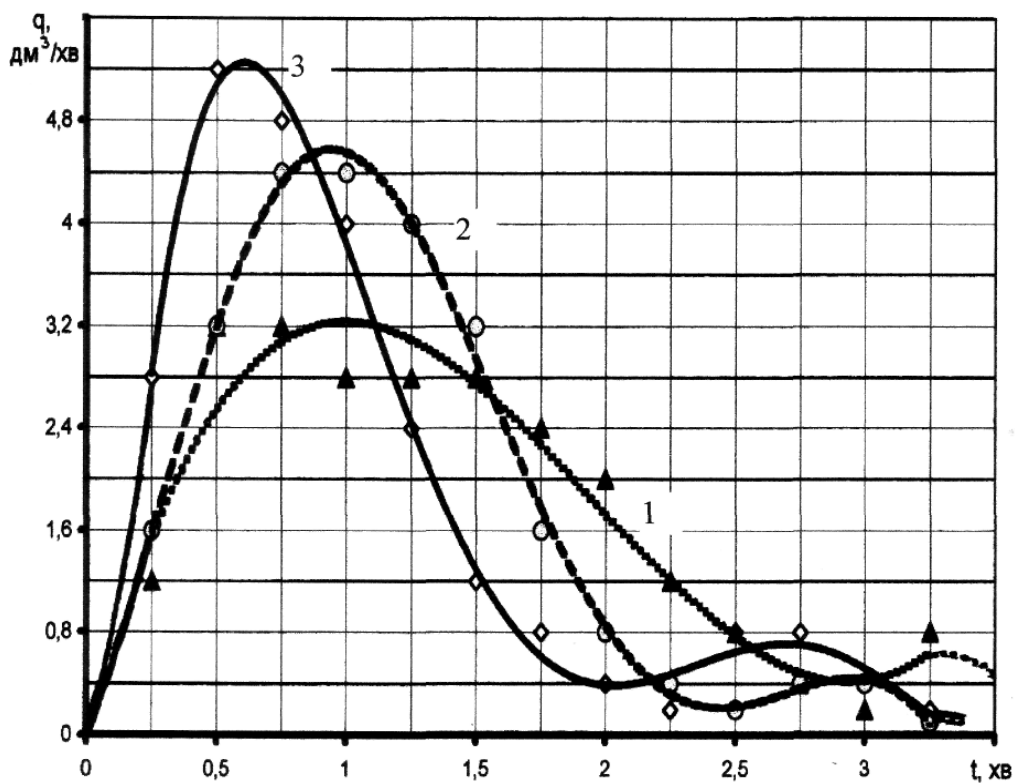


Рис. 1. Динаміка молоковиведення доїльними апаратами з різними режимами роботи доїльних стаканів: 1 – попарної дії (ІНТЕРПУЛЬС-90); 2 – попарно-комбінованого типу; 3 – одночасної дії (АДУ-1).

2. Інтенсивність виведення молока доїльними апаратами з різними режимами роботи доїльних стаканів.

Показники	Доїльні апарати		
	АДУ-1	ІНТЕРПУЛЬС-90	попарно-комбінований
Виведення від загального удою, %			
1-шу хв.	47	46	36
2-гу хв.	71	46	58
3-тю хв.	8,5	15	5

Ці дані свідчать, що інтенсивність виведення молока дослідним апаратом за перші 30 с менша на 23,4 % і за першу хвилину на 18,3% порівняно з апаратом АДУ-1. Порівняно з доїльним апаратом ІНТЕРПУЛЬС-90 новий апарат перші 30 с на 22 % поступається за інтенсивністю виведення молока, проте за першу хвилину переважає його на 26 % порівняно ІНТЕРПУЛЬС-90. За другу хвилину інтенсивність виведення молока дослідним апаратом на 5,1 % нижче порівняно з апаратом ІНТЕРПУЛЬС-90 та більше на 80,5 % ніж АДУ-1.

Отже, доїльний апарат попарно-комбінованого типу зберігає високу інтенсивність виведення молока (характерно для доїльних апаратів одночасної дії) на протязі тривалого основного часу доїння, що характеризує попарну дію доїльних стаканів.

Висновок. Результати виробничої перевірки режимів роботи керуючої ланки доїльних апаратів свідчать, що попарно-комбінований доїльний апарат в порівнянні з апаратами одночасної (АДУ-1) і попарної дії (ІНТЕРПУЛЬС-90) має ряд суттєвих переваг за біотехнологічними показниками.

Список літератури

1. Ревенко І.І. Обґрунтування режиму роботи доїльного апарата / Ревенко І.І., Ліщинський С.П., Заболотько О.О. // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К.: НАУ, 1998. – Т. IV. – С. 173–175.
2. Ревенко І.І. Попарно-комбінован. спосіб доїння корів / Ревенко І.І., Ліщинський С.П., Заболотько О.О. // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К.: НАУ, 2004. – Вип. 73. – С. 173–179.
3. Ревенко І.І. Доїльний апарат попарно-комбінованого типу / Ревенко І.І., Ліщинський С.П., Заболотько О.О. // Вчені технічного інституту – виробництву. Аграрна інженерія в умовах глобалізації. – К., 2008. – Т. III. – С. 102–105.
4. Ревенко І.І. Параметри виведення молока доїльними апаратами різної конструкції / Ревенко І.І., Ліщинський С.П., Заболотько О.О. // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К.: НАУ, 2009. – Т. VI. – С. 193–197.
5. Кэлпис Э.А. Генератор импульсов для доильного аппарата с управляемой скоростью доения при синхронном, попарном и раздельном выдаивании отдельных четвертей вымени коров / Э.А. Кэлпис, Т.С. Готвинская // ЛСХА. – Елгава, 1970. – Вып. 27. – С. 78–88.
6. Stirl A, Rozemarie Kremer, F. Mey Diagnose von Melkanlagen, Agrotechnik, Zeitschrift der DDR. Berlin, N 9, 1988.
7. Machine milking. Edited by C.C. Thiel and F.H. Dodd/ England, N9JRD, 1977.

8. Носов Ю.М. Дослідження технічної продуктивності доїльних апаратів / Ю.М. Носов // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – Львів, 1997. – № 1. – С. 58–63.
9. Москалев А.А. Технологические решения обеспечения основных процессов производства молока при доении коров на роботизированных установках / А.А. Москалев, С.А. Кирикович, М.П. Пучка, М.А. Пучка // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету “Сучасні проблеми селекції”. – Вінниця, 2011. – Вип. № 11(51). – С. 85–89.
10. Правила машинного доения коров. – М.: Колос, 1976. – 16 с.

Приведенная производственная проверка режимов работы управляющего звена доильных аппаратов с различными режимами работы. Показаны преимущества по биотехнологическим показателям доильного аппарата попарно-комбинированного действия по сравнению с существующими аппаратами одновременной (АДУ-1) и попарно (Интерпульс-90) действия.

Доильный аппарат, режимы работы, одновременный режим, попарный режим, попарно комбинированный режим, биотехнологические показатели, молокоотдача, корова.

Present production test modes of the control units of milking machines with different operating modes. The advantages for biotechnological parameters milking machine-pairs combined action compared to existing devices simultaneously (ADU-1) and pairs (Interpuls-90) action.

Milking machine modes, simultaneous treatment regime in pairs, pairs combined-mode biotech indices of milk, cow.

УДК 637.115

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМУ ТРАНСПОРТУВАННЯ МОЛОКОПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ В МОЛОЧНОМУ ШЛАНЗІ ДОІЛЬНОГО АПАРАТА

В.І. Ачкевич, інженер

Національний науковий центр “Інститут механізації та електрифікації сільського господарства”

О.М. Ачкевич, інженер

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Визначено вплив режимів транспортування молокоповітряної суміші на якість молока в молочному шланзі доїльного апарату з верхнім молокопроводом.

© В.І. Ачкевич, О.М. Ачкевич, 2015

Режими транспортування, молокоповітряна суміш, молочний шланг, доїльний апарат, верхній молокопровід.

Постановка проблеми. Якість молока залежить від багатьох факторів: здоров'я тварини, кормової бази, умов утримання, санітарного стану та технічних характеристик обладнання. За статистичними даними в Україні виробляється молока від населення різних форм власності екстра ґатунку близько 6%, вищого ґатунку близько 32 %, та першого ґатунку близько 60%. З цього слідує, що доїльне обладнання має великий вплив на якість продукту. Особливо це стосується не відрегульованих режимних характеристик доїльних апаратів, які можуть призвести до зниження якості молока. Особливо негативний вплив проявляється під час транспортування молокоповітряної суміші по молочному шланзі доїльного апарата, появляється явище пульсації. Жир, що міститься в молоці, в результаті збовтування відшаровується та залишається на стінках молокопроводу. Це призводить до зниження жирності молока та забруднення молокопровідних ліній. Втрати жиру при транспортуванні молока по трубопроводам можуть складати від 0,2 до 0,32% [1].

Ще одним небажаним явищем в молокопровідному шланзі є диспергування – розбиття молочних кульок в пил під дією сильного потоку повітря, що в подальшому призводить до згіркнення молока. Особливо це стосується доїльних апаратів для верхніх молокопроводів при стійловому утриманні, так як підняття молокоповітряної суміші на висоту більше 2 м потребує відповідного градієнта тиску.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженнями доїльних апаратів для верхнього молокопроводу та транспортуванням молокоповітряної суміші займалися: Фененко А.І. [1], Базаров М.А. [2], Ліщинський С.П. [3], Герасимчук В.В. [4], O'Callaghan E. J. [5, 6], Dirk Hömberg [7, 8].

Вчені доводять, що доїння повинно відбуватись при вакууметричному тиску в такті ссаня 40-42 кПа і в такті стиснення близько 70-75 кПа, що відповідатиме фізіологічному ссанню теляти [10]. Також тиск у вказаних межах не травмує сфінктер соска корови.

Німецький вчений Dirk Hömberg та ірландський O'Callaghan E. J. стверджують, що одночасне доїння з чотирьох дійок більш комфортне для тварини ніж почергове з двох дійок. При цьому досягається коливання тиску в такті ссаня до 60-65 кПа [6, 8]. Одночасне доїння збільшує час транспортування, але проблема пульсації не вирішується оскільки збільшується порція молока.

В роботах [4] Герасимчука В.В. проблема пульсації вирішується за рахунок конструкції колектора великого об'єму та порційним впуском повітря через клапан. Молоко великою порцією транспорту-

ється в молокопровід. Це частково вирішує проблему пульсації, але суттєво ускладнює конструкції і потребує додаткових досліджень.

Вчені Фененко А.І., Ліщинський С.П. притримуються погляду, що оптимальний об'єм колектора становить 150–250 мл [1, 3], діаметр шланга не перевищуватиме 14 мм, а впуск повітря відбуватиметься постійно. Фененко А.І. пропонує поєднання режиму одночасного та попарного доїння.

Аналіз існуючого доїльного обладнання та наукових досліджень в цій галузі показав, що питання впливу технічних показників доїльних апаратів на здоров'я тварини та на якість готового продукту недостатньо вивчене та вирішене.

Мета досліджень. Обґрунтувати режим транспортування молока повітряної суміші у верхній молокопровід за умови зменшення явища пульсації та диспергування.

Результати досліджень. Більшість доїльних апаратів працюють при постійному впуску повітря близько 8–10 л/хв. Молоковіддача корів середньої продуктивності складає близько 4–6 л/хв. Час доїння доїльним апаратом становить 5–6 хв. Молоковіддача змінна в часі і коливається від 0,2 до 6–8 л/хв. Отже співвідношення повітря та молочно повітряної суміші в часі змінюється, що призводить до зміни режиму транспортування. Узагальнюючі дослідження стверджують, що показники якості молока, який знаходиться під дією гідромеханічного впливу залежать від швидкості та прискорення потоку, тривалості дії впливу та зміни напрямку руху.

Так на початку та в кінці доїння, коли молоковіддача становить від 0 до 2 л/хв. відбувається диспергований режим руху з переходом в кільцевий. В цей час кількість повітря значно перевищує кількість молока і може досягати співвідношення від 16:1 до 32:1. При молоковіддачі від 2 до 4–4,5 л/хв. спостерігається стабільний порційних режим, коли основна маса порцій молока рухається між двома повітряними пробками. Коли молоковіддача досягає більше 4,5–4,8 л/хв. режим руху нестабільний пульсуючий.

Кількість молока, що протягом одного пульсу не встигла піднятися в молокопровід стікає вниз, збільшуючи втрати на підняття наступної порції молока, зменшуючи її швидкість. Таким чином молоко повітряна суміш транспортується в пульсуючому режимі. Режим потоку залежить від витратної концентрації повітря в суміші. Кільцевий рух молокоповітряної суміші прослідковується в двотактних доїльних апаратах з додатковим натіканням повітря в молоко збірну камеру. Пульсуючий пробковий режим характерний для тритактних доїльних апаратів з періодичним впуском повітря. Так деякі доїльні апарати фірми Westfalia мають збільшену кількість повітря. При цьому режим транспортування переходить в диспергований [9].

Провівши експериментальні дослідження доїльного апарата умовно можна виділити межі режимів транспортування молокоповітряної суміші в молочному шланзі при доїнні у верхній молокопровід (рис. 1).

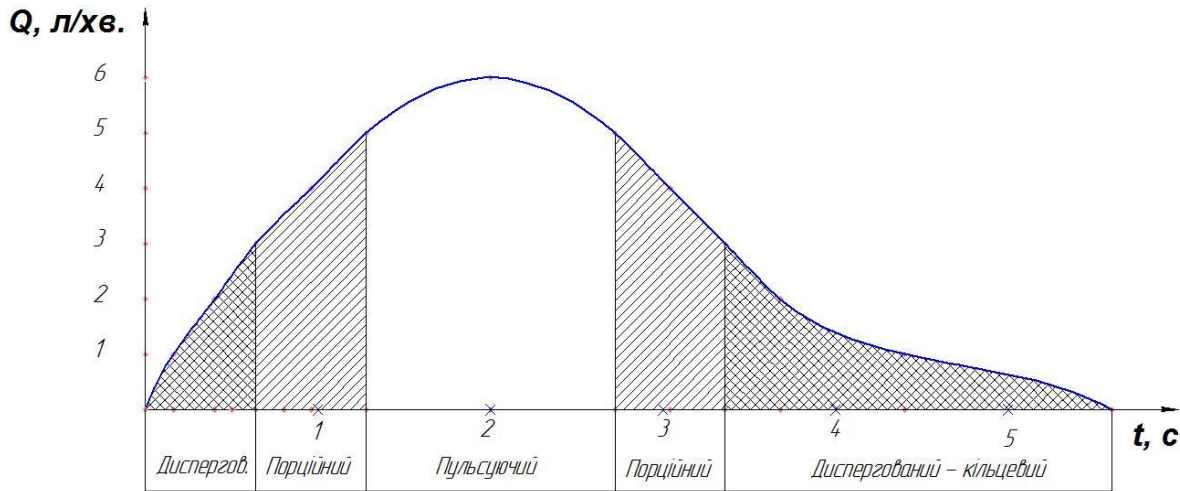


Рис. 1. Режими транспортування молокоповітряної суміші в залежності від молоковіддачі.

Проаналізувавши дослідження видно, що близько 20 % молока транспортується в пульсуючому режимі. Відношення кількості повітря до кількості молока при цьому становить в межах від 0,7:1 до 1:1. Густина молокоповітряної суміші коливається в межах 450–600 кг/м³. Отже доцільно в першу чергу усунути чи зменшити взбовтування молокопровідної суміші в шланзі. Пульсацію на піці молоковіддачі можливо усунути за рахунок збільшення кількості повітря до 90 л/хв., або зменшення діаметра молочного шланга до 0.01 м. Але це може призвести до різкого зростання тиску та погіршення фізіологічних умов доїння. Швидкість молокоповітряної суміші в молочному шланзі, що задовольнить зоотехнічні умови, не повинна перевищувати 2,5–2,8 м/с. Цих даних необхідно дотримуватись при розробці нових доїльних апаратів [1].

У всіх доїльних апаратах транспортування відбувається за рахунок потоку повітря, що надходить в молокозбірну камеру колектора, створюється різниця тисків та виникає підйомна сила, що штовхає порцію молока. Різниця між величиною підйомної сили та втратами на утримання порції та тертям визначає величину напору і швидкість потоку молокоповітряної суміші.

При виведенні молока із вимені в молочному шланзі формується порція молокоповітряної суміші та за рахунок меншого тиску в молокопроводі частково піднімається. В наступний момент в молокозбірну камеру колектора надходить повітря з швидкістю 8–10 л/хв. та при атмосферному тиску 98–100 кПа. Попадаючи в камеру колек-

тора повітря масою M втрачає свій тиск та починає виконувати роботу по розширенню та переміщенню порції молока вгору.

За законом Бойля-Мариота приймаємо:

$$P_K V_K = V_T (P_{\Pi} + P_G); \quad (1)$$

де: P_K – тиск в колекторі доїльного апарата після надходження атмосферного повітря (або тиск в колекторі в такті стиснення), кПа; V_K – об'єм повітря, що надійшло в камеру колектора, м^3 ; V_T – об'єм молокопровідного тракту (об'єм колектора та об'єм молочного шланга), м^3 ; P_{Π} – тиск під порцією молока, що транспортується, кПа; P_G – втрати на утримання порції молока при транспортуванні, кПа:

$$P_G = \frac{Q_{\Pi} \rho_{\Pi} + Q_M \rho_M}{\pi d^2} \left(4gt + 0,811 \frac{(Q_{\Pi} + Q_M)}{d^5} - \frac{16(Q_{\Pi} + Q_M)}{\pi d^2} \right), \quad (2)$$

де: Q_M , Q_{Π} – відповідно кількість молока і повітря, $\text{м}^3/\text{с}$; ρ_M , ρ_{Π} – відповідно густина молока і повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$; g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$.

Розв'язавши вираз (1), можна умовно визначити висоту підйому порції молока.

$$P_K V_K = \left(V_K + \frac{\pi d^2}{4} l_{\text{ш}} \right) (P_{\Pi} + P_G); \quad (3)$$

$$l_{\text{ш}} = \frac{4 \left(\frac{P_K V_K}{P_{\Pi} + P_G} - V_K \right)}{\pi d^2}. \quad (4)$$

Проаналізувавши отриману формулу (рис. 2) встановлено, що найбільший вплив на підняття порції мають втрати тиску на утримання порції молока, діаметр шланга та тиск в колекторі в такті стиснення.

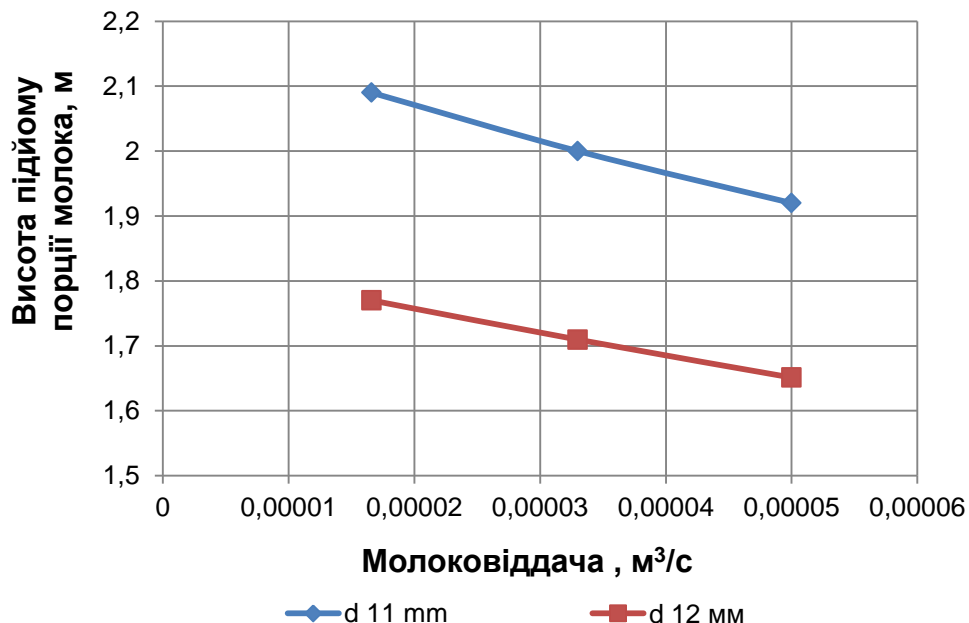


Рис. 2. Залежність висоти підйому молокоповітряної суміші від молоковіддачі.

Так, як збільшення тиску в камері колектора може призвести до розірвання сфінктерів сосків корови, регулювати висоту транспортування молокоповітряної суміші можливо за рахунок діаметра молочного шлангу. Ми пропонуємо розділити потоки молока та отримати дві секції колектора, які працюють окремо. При доїнні з двох дійок виходить порція молока, яка формує потік в молочному шланзі. В такті стиснення порція повітря об'ємом 4 л/хв. виконує роботу по переміщенню цієї порції молока в молокопровід.

Задача вирішується шляхом створення колектора де молоко повітряна суміш транспортується по двох шлангах меншого діаметру [11]. Молокозбірна камера колектора розділена на дві частини. Кожна частина має свій молоковідвідний патрубок і відводить молоко окремо, наприклад, з передніх і задніх долей вим'я корови. В розподільчій камері колектора є два каліброваних отвори окремо для кожної частини. Натікання повітря відбувається попарно у відповідності з режимом роботи пульсатора.

Створений колектор доїльного апарата попарної дії забезпечує можливість транспортування молока в режимі тактів стиснення, а надходження молока в молокозбірну камеру колектора в режимі тактів ссання. Такий режим забезпечує транспортування виведеного з долей вимені молока в молокопровід без пульсації потоку. Молоко транспортується в порційному режимі і на 10–15 % зменшується взбовтування.

Висновок. Переваги запропонованої конструкції полягають в покращеному режимі транспортування молока, за рахунок створення додаткового градієнта тиску в тактах стиснення почергово в двох стаканах. Таким чином усуваються причини, які супроводжують пульсацію потоку молока, диспергування жирових часток і відповідно погіршення його якості

Список літератури

1. *Фененко А.І.* Механізація доїння корів. Теорія і практика : монографія / *А.І. Фененко.* – К.: Наука, 2008. – 198 с.
2. *Базаров М.К.* Исследование работы доильных установок с молокопроводом: автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук : спец. № 412 „Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственных машин и орудий" / *М.К. Базаров.* – Челябинск, 1968. – 22 с.
3. *Лищинский С.П.* Исследование и обоснование режимов работы доильного аппарата с совмещенной молоковоздушной линией : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.20.01 „Механизация сельского хозяйства" / *С.П. Лищинский.* – Глеваха, 1982. – 18 с.
4. *Герасимчук В.В.* Усовершенствование молоковоздушной линии доильной установки и обоснование ее параметров и режимов работы: автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук спец.: 05.20.01 „Механизация сельского хозяйства" / *В.В Герасимчук.* – Глеваха, 1991. – 18 с.

5. *Callaghan E.J., Murphy P. M. A study of factors affecting the efficiency of milking operations // Teagasc, Dairy Production Research Centre Ireland 2009 P. 1–8.*
6. *O'Callaghan E.J. Effect of the design of a milking unit on vacuum variations during simulated milking / Irish Journal of Agricultural and food research. – 2004. – №43. – P. 237–245.*
7. *Dirk Homberg. Neun aktuelle Melkzeuge im Vergleich / «Top agrar». – 2012. – №10. – P. 32–37.*
8. *Dr. Dirk Hömberg. Aggressive Melkzeuge ramponieren die Zitzen / «Top agrar». – 2009 – №1. – P. 40–43.*
9. *Проспекти фірми Westfalia. – Б.м. 2010. – 10 с.*
10. *Ulrich S., Rose S. Quarter individual milking with multilactor in milking parlours. / Landtechnik. – 2009. – № 2. – P. 106–108.*
11. *Ачкевич В.І. Дослідження двокамерного колектора доїльного апарата / Ачкевич В.І., Ткач В.В., Фененко А.І. // Матеріали II-ї Науково-технічної конференції «Технічний процес у тваринництві та кормо виробництві». – Глеваха, 2013. – С. 5–7.*

Определено влияние режимов транспортировки молоковоздушной смеси на качество молока в молочном шланге доильного аппарата с верхним молокопроводом.

Режимы транспортировки, молоковоздушная смесь, молочный шланг, доильный аппарат, верхний молокопровод.

The influence of modes of transportation milk air mixture on quality of milk in milk pipe milking machine with overhead milk line.

Modes of transportation, milk air mixture, milk hose, milking apparatus, overhead milk line.

УДК 631.22.019

МЕТОДИКА ІНЖЕНЕРНОГО РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРА ДЛЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

***В.М. Яропуд, магістр
Вінницький національний аграрний університет
Е.Б. Алієв, кандидат технічних наук
Інститут олійних культур НААН***

На основі отриманих теоретичних та експериментальних залежностей розроблено методику інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора для тваринницьких приміщень. Використання розробленого теплоутилізатора для свинарника-відгодівельника на 100 голів дозволяє зменшення витрат

© В.М. Яропуд, Е.Б. Алієв, 2015

електроенергії при порівнянні з базовим засобом – тепловентилятором АОВ-ЭВО 0,9 М1 (10 кВт).

Теплоутилізатор, методика, мікроклімат, тваринницькі приміщення, температура, теплопередача.

Постановка проблеми. На сьогодні існує величезна кількість конструкцій кожухотрубних теплоутилізаторів і відповідні дослідження їх конструктивно-технологічних параметрів [1, 2, 3]. Однак в цих роботах мало приділено уваги методики інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора для тваринницьких приміщень.

Аналіз останніх досліджень. В результаті наших теоретичних і експериментальних досліджень [6] розроблено математичну модель процесу теплопередачі у трьохтрубному концентричному теплоутилізаторі (рис. 1) із врахуванням явища конденсації в ньому, яка дозволяє визначати розподіл температур повітряних потоків за його довжиною і його теплову потужність.

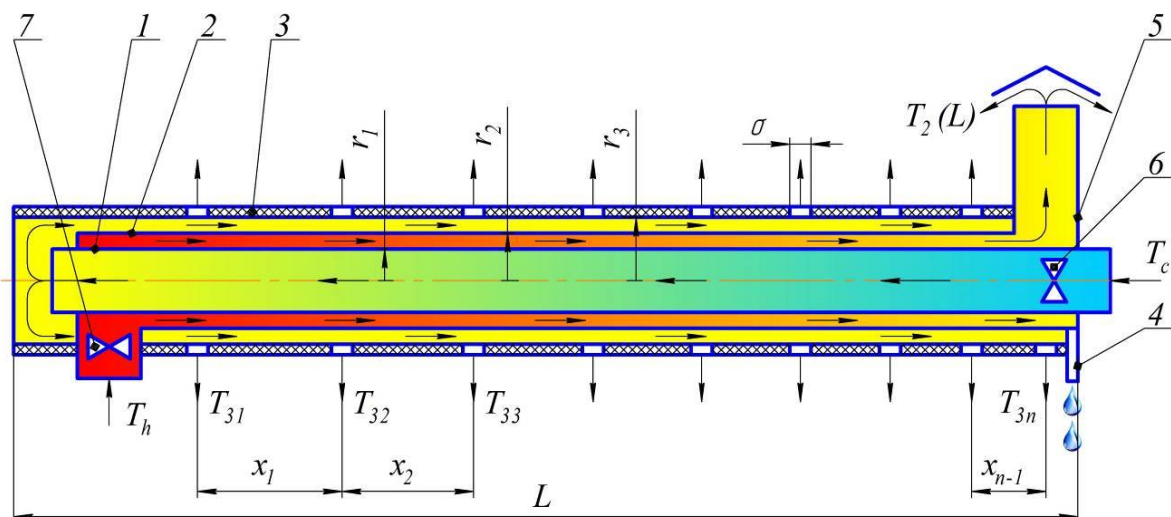


Рис. 1. Технологічна схема трьохтрубного теплоутилізатора з основними параметрами: 1, 2, 3 – труби; 4 – трубка для відводу конденсату; 5 – викидна шахта; 6 – припливний вентилятор; 7 – викидний вентилятор.

До технологічної схеми трьохтрубного теплоутилізатора [7] із протипотоком входять труби 1, 2 і 3, що встановлені коаксіально, трубка для відводу конденсату 4, яка проходить крізь трубу 3 і розташовується в нижній частині труби 2, викидну шахту 5, що проходить крізь трубу 3, припливний 6 та викидний 7 вентилятори (рисунок 1). Теплоутилізатор здійснює технологічний процес наступним чином. Припливне (холодне) повітря вентилятором 6 подається по внутрішній трубі 1. Вентилятором 7 викидне (тепле) повітря із приміщення нагнітається в простір між трубами 1 і 2, що має кільцевий

поперечний перетин. Потоки рухаються в протилежному напрямі: викидне повітря виходить в зовнішнє середовище з викидної шахти 5, а припливне повітря розвертається і продовжує рух в зворотному напрямку в просторі між трубами 2 і 3, що також має кільцевий поперечний перетин. Таким чином відбувається процес теплообміну між припливним і викидним повітрям через стінки труб 1 і 2, завдяки чому припливне повітря підігрівається на певну величину. При охолодженні викидного повітря на зовнішній поверхні труби 1 і внутрішній поверхні труби 2 утворюється конденсат для відводу якого служить трубка 4.

Мета досліджень. Розробити методику інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора для тваринницьких приміщень.

Результати дослідження. Методика інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора для тваринницьких приміщень побудована на вимогах до мікроклімату і розроблених математичних моделей. Першим етапом є розрахунок повітрообміну тваринницького приміщення, який проводиться по вологості з перевіркою на вуглекислий газ. За розрахунковий приймається найбільший повітрообмін, за яким проектується систему вентиляції. В умовах сухого клімату обсяг вентиляції можна визначити за кількістю вуглекислого газу, що виділяється тваринами. Часовий обсяг вентиляції це об'єм повітря, який необхідно видалити з приміщення за годину, щоб процентний вміст вуглекислого газу не перевищував допустимої межі (0,25%).

Часовий обсяг вентиляції з накопичення вуглекислого газу ведуть за формулою:

$$O_{CO_2} = \frac{E}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}, \quad (1)$$

де: O_{CO_2} – часовий обсяг вентиляції, м³/год.; E – кількість вуглекислого газу, що виділяється усіма тваринами за годину, л/год. [6]; ε_1 – допустима кількість вуглекислого газу в 1 м³ повітря приміщення, л/м³; ε_2 – кількість вуглекислого газу в 1 м³ атмосферного повітря, л/м³.

Обсяг вентиляції, що розрахований за змістом вуглекислого газу, в більшості випадків виявляється недостатнім для видалення з приміщення водяної пари. Тому розрахунки вентиляції в умовах підвищеної вологості зовнішнього повітря доцільніше вести по вологості повітря. Годинний обсяг вентиляції по вологості повітря визначають за формулою:

$$O_w = \frac{\Xi}{\omega_1 - \omega_2} \quad (3)$$

де: O_w – кількість повітря, яке необхідно видалити з приміщення за годину, щоб підтримати в ньому відносну вологість в межах норми (70–85 %), м³/год. [7]; Ξ – кількість водяної пари, яке виділяють тва-

рини з урахуванням вологи, що випаровується з поверхні підлоги, годівниць, поїлок, стін та інших огорож за годину, г/год.; ω_1 – абсолютна вологість повітря в приміщенні, при якій відносна вологість залишається в межах нормативу, г/м³; ω_2 – середня абсолютна вологість зовнішнього повітря, яке поступає в приміщення в перехідний період (листопад і березень) в даній кліматичної зоні), г/м³.

Для подальшого розрахунку береться найбільший часовий обсяг вентиляції: (1)(1) чи (2).

Другим етапом є дослідження плану тваринницького приміщення, встановлення його геометричних розмірів. Згідно яких визначаються можливі місця розташування теплоутилізаторів та їх довжини L:

$$L = 14,776 \cdot \frac{O}{3600} + 3,7335. \quad (3)$$

При цьому об'ємні витрати повітря дорівнюють $V = \frac{O}{3600}$. Якщо довжина теплоутилізатора перевищує довжину приміщення то спочатку визначаються об'ємні витрати повітря V:

$$V = \frac{L - 3,7335}{14,776}. \quad (4)$$

А потім обраховується кількість теплоутилізаторів n виходячи з умови:

$$[n] = \frac{O}{3600V}, \quad (5)$$

де: [...] – оператор цілого числа.

Третім етапом є визначення радіусів трубопроводів теплоутилізатора r_1, r_2, r_3 :

$$r_3 = 0,3619 \cdot V + 0,1523, \quad (6)$$

$$r_2 = 0,686 \cdot r_3, \quad (7)$$

$$r_1 = 0,343 \cdot r_3. \quad (8)$$

Четвертим етапом є розрахунок згідно розробленої математичної моделі значення температури повітря $T_3(0)$ на виході з теплоутилізатора і його корисної теплової потужності ΔN . Враховуючи теплову потужність, яка виділяється тваринами і отримане значення температури повітря $T_3(0)$ на виході з теплоутилізатора дає змогу встановити потужність калорифера, який буде встановлено для додаткового нагрівання температури в приміщенні.

П'ятим етапом є визначення геометрії розташування отворів у повітропроводі трьохтрубного концентричного теплоутилізатора за допомогою розробленої математичної моделі. Розроблену методику інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора для приміщень

застосуємо на свиновідгодівельній фермі, план цегляного свинарника-відгодівельника (на 100 голів) якої представлено на рисунку 2. Загальний розмір свинарника на 100 голів складає 17,3 м × 8,2 м (141,86 м²), у тому числі станкове приміщення – 109,44 м². Висота стелі – 3,5 м.

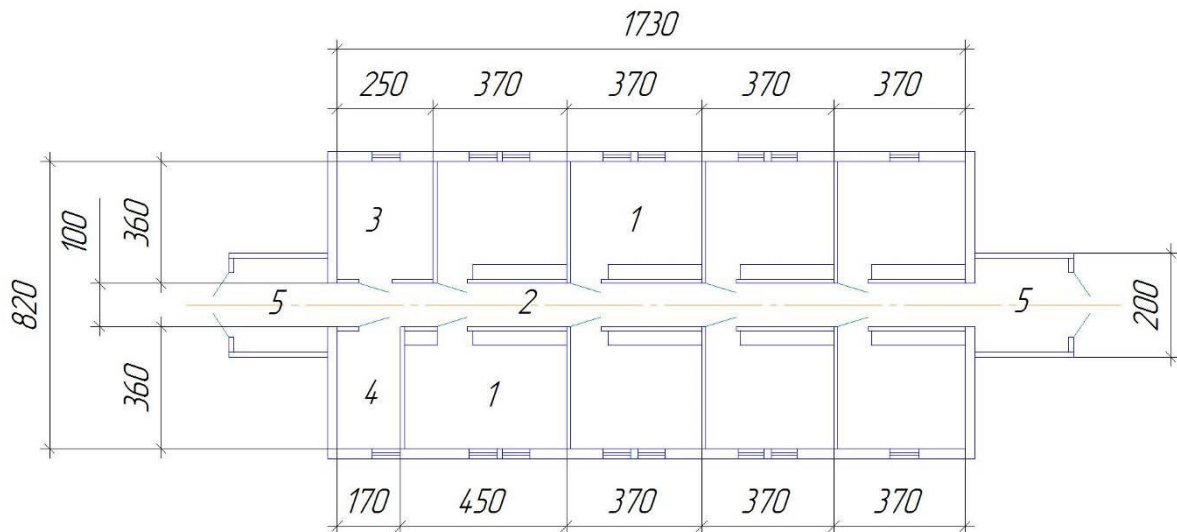


Рис. 2. План свинарника-відгодівельника на 100 голів свиновідгодівельній фермі: 1 – станкове приміщення; 2 – прохід; 3 – службове приміщення; 4 – приміщення для ваг та інвентарю; 5 – тамбур.

Згідно [7] кількість вуглекислого газу, що виділяється однією дорослою свинєю на відгодівлі складає 49,3 л/год., тоді для 100 голів це значення складає – 4930 л/год. Для свинарського приміщення допустима кількість вуглекислого газу в 1 м³ повітря приміщення становить 2,5 л/м³, а кількість вуглекислого газу в 1 м³ атмосферного повітря – 0,3 л/м³. Тоді за формулою (1) маємо часовий обсяг вентиляції з накопичення вуглекислого газу складає $O_{CO_2} = 2240 \text{ м}^3/\text{год.}$

Згідно [7] кількість водяної пари, яке виділяє одна доросла свиня на відгодівлі складає 156,0 г/год., тоді для 100 голів це значення складає – 15600 г/год. Абсолютна вологість повітря в приміщенні, при якій відносна вологість залишається в межах нормативу становить 10,15 г/м³, а середня абсолютна вологість зовнішнього повітря, яке поступає в приміщення в перехідний період – 2,99 г/м³ [7]. Тоді за формулою (2) маємо часовий обсяг вентиляції з накопичення вуглекислого газу складає $O_w = 2178 \text{ м}^3/\text{год.}$ Для подальшого розрахунку береться найбільший часовий обсяг вентиляції $O = 2240 \text{ м}^3/\text{год.}$

Згідно отриманої залежності (3) довжина теплоутилізатора складає $L = 12,9 \text{ м}$, що не перевищує довжину свинарника-відгодівельника. При цьому об'ємні витрати повітря дорівнюють $V = 0,622 \text{ м}^3/\text{с.}$

Підставляючи отримані дані в (6)-(8) отримуємо радіусів трубопроводів теплоутилізатора $r_1 = 0,213$ м, $r_2 = 0,259$ м, $r_3 = 0,377$ м.

Згідно розробленого алгоритму температури повітря $T_3(0)$ на виході з теплоутилізатора при температурі зовнішнього середовища 0°C складає $11,6^\circ\text{C}$, а його корисна теплова потужність $\Delta N = 8206$ Вт. Враховуючи теплову потужність, яка виділяється від однієї свині на відгодівлі 73 Вт [7], їх кількості отримуємо що в свинарнику від тварин виділяється 7300 Вт.

Використовуючи калькулятор «Теплотехнический калькулятор» [8], який оснований на [9, 10], розраховані тепловтрати через огорожувальні конструкції запропонованого свинарника-відгодівельника – 3426 Вт. Розрахуємо витрати потужності для підігріву повітря у свинарнику з 0°C до 18°C при визначених об'ємні витрат повітря. Згідно формули $d\dot{Q}_i(x) = \dot{m}_i C_p dT_i(x)$, витрати потужності складають 13515 Вт. З урахуванням тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі загальні витрати потужності складають 16941 Вт.

Так як сума теплової потужності, яка виділяється від всіх тварин і корисної теплової потужності теплоутилізатора менша за загальні витрати потужності, то для підтримання температури в свинарнику на рівні 18°C необхідно встановити додатковий обігрівач [11, 12] із корисною потужністю 16941 Вт – 7300 Вт – 8206 Вт = 1435 Вт.

Для визначення геометрії розташування отворів у повітропроводі трьохтрубного концентричного теплоутилізатора використовуємо розроблений алгоритм, згідно якого отримуємо: 16 отворів, які розташовані один від одного на відстанях $x_1 = 0,920$ м; $x_2 = 0,925$ м; $x_3 = 0,925$ м; $x_4 = 0,918$ м; $x_5 = 0,908$ м; $x_6 = 0,893$ м; $x_7 = 0,873$ м; $x_8 = 0,850$ м; $x_9 = 0,824$ м; $x_{10} = 0,796$ м; $x_{11} = 0,765$ м; $x_{12} = 0,732$ м; $x_{13} = 0,698$ м; $x_{14} = 0,662$ м; $x_{15} = 0,626$ м; $x_{16} = 0,589$ м.

Висновки

На основі отриманих теоретичних та експериментальних залежностей розроблено методику інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора для тваринницьких приміщень.

Використання розробленого теплоутилізатора для свинарника-відгодівельника на 100 голів дозволяє зменшення витрат електроенергії при порівнянні з базовим засобом – тепловентилятором АОВ-ЭВО 0,9 М1 (10 кВт).

Список літератури

1. *García-Valladares O.* Numerical simulation of triple concentric-tube heat exchangers / *O. García-Valladares* // International Journal of Thermal Sciences. – 2004. – № 43. – P. 979–991.
2. *Incropera F.P.* Fundamentals of Heat and Mass Transfer / *F.P. Incropera, D.P. DeWitt, T.L. Bergman, A.S. Lavine.* – 2007. – 1048 p.

3. *Addisu Teka*. Thermal design of heat exchanger for a swimming pool: Degree Thesis / *Addisu Teka* // Arcada:Department of Technology. – 2012. – 43 p.
4. *Пришляк В.М.* Обґрунтування геометричних параметрів розташування отворів у повітропроводі трьохтрубного концентричного теплоутилізатора / *В.М. Пришляк, В.М. Яропуд, О.С. Ковязін, Е.Б. Алієв* // Промислова гідравліка і пневматика. – 2014. – № 4(46). – С. 83–87.
5. *Патент* 98515 Україна, МПК (2015.01) F24F 5/00. Тритрубний теплоутилізатор / *В.М. Яропуд, В.М. Пришляк, О.С. Ковязін, Е.Б. Алієв* ; заявник і патентовласник *Яропуд В.М.* – № u201413177 ; заявл. 08.12.2014; опублік. 27.04.2015, Бюл. №8, 2015 р.
6. *Виноградова В.Н.* Методические рекомендации по проектированию систем отопления и вентиляции для свиноводческих ферм и комплексов / *В.Н. Виноградова, Н.Т. Сорокина, И.В. Ильиным, Е.А. Смолинским.* – М.: Делнаучтехполитики Минсельхоза России, 2009. – 88 с.
7. *Параметри* мікроклімату тваринницьких приміщень. Методичні вказівки / [Укладачі: *Захаренко Микола Олександрович, Поляковський Василь Михайлович, Шевченко Лариса Василівна* та ін.] – Вінниця: ВЦ “Едельвейс і К”, 2012. – 35 с.
8. *Теплотехнический* калькулятор. Расчет утепления и точки росы для строящих свой дом [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс www.smartcalc.ru, идея и разработка *В.А. Киреев*. – Режим постоянного доступа: <http://www.smartcalc.ru/thermocalc>.
9. *ДБН В.2.6-31: 2006* Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель [на заміну СНиП II-3-79]: затв. наказом № 301 Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 09.09.2006 р.; чинний від 2007-04-01. – Мінбуд України, 2006. – К.: ДП «Укрархбудінформ». – 71 с.
10. *Тепловая* защита зданий: СНиП 23-02. – Министерство регионального развития РФ, 2011. – М. – 48 с.
11. *Энергоресурсосберегающие* технические средства и их комплексы для строительства : монография / *А.В. Вавилов, В.Ф. Кондратюк, А.Я. Котлобай, Д.В. Маров.* – Мн.: Стринко, 2003. – 326 с.
12. *Энергосберегающие* системы теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: альбом / Акад. центр теплоэнергоэффектив. технологий. Т. 1, Энергосберегающие системы теплоснабжения на основе современных технологий и материалов. Теплоэнергоэффективные технологии. – СПб.: [б. и.], 2004. – 175 с. – (Информационный бюллетень; N 3(36)).

На основе полученных теоретических и экспериментальных зависимостей разработана методика инженерного расчета параметров теплоутилизатора для животноводческих помещений. Использование разработанного теплоутилизатора для свинарника-откормочника на 100 голов позволяет уменьшить расход электроэнергии при сравнении с базовым средством – тепловентилятором АОВ-ЭВО 0,9 М1 (10 кВт).

Теплоутилизатор, методика, микроклимат, животноводческие помещения, температура, теплопередача.

On basis of theoretical and experimental dependences of technique of engineering calculation of parameters of heat exchanger for

livestock buildings. Using heat exchanger designed to piggery fattening 100 goals allows umenshet power consumption when compared to the base vehicle – fan heater AOB 0.9 M1-EVO (10 kW).

Heat recovery, methods, microclimate, animal room, temperature, heat transfer.

УДК 681.317.39

ОЦІНЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОХИБОК ПРИ КОНТРОЛІ ЯКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ ВОДИ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ІМПЕДАНСУ

***О.Й. Гонсьор, кандидат технічних наук
Г.М. Дмитрів, інженер
Львівський національний аграрний університет***

У роботі розглядається електрична модель кондуктометричним клітини. Метод контролю якості води для своїх електричних параметрами. Аналіз характеристик помилок, що виникають при вимірюванні активної і реактивної складової провідності.

Контроль якості, електрофізичні показники якості, імпеданс, похибки.

Постановка проблеми. Особливий інтерес для промислової практики представляють електрохімічні методи аналізу, які дозволяють автоматизувати контроль якості води централізованого господарсько-питного водопостачання, контроль за дотриманням норм технологічного режиму у водопідготовці та моніторинг навколишнього середовища існування людини [1]. Варті уваги методи контролю якісних параметрів води за її електричною провідністю.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження методів контролю якості води та молока з допомогою кондуктометрії подано в літературі [1–4]. Зокрема в [1] та [4] розглянуто контроль саме за активною та реактивною складовими електропровідності. Аналіз методів контролю молока за його електрофізичними параметрами розглянуто в [5].

Мета досліджень. Для вимірювання електричного опору (провідності) використовують двоелектродні кондуктометричні комірки, причому вимірювання доцільно проводити на змінному струмі. Еквівалентна електрична схема двоелектродної кондуктометричної комірки подана на рис. 1.

© О.Й. Гонсьор, Г.М. Дмитрів, 2015

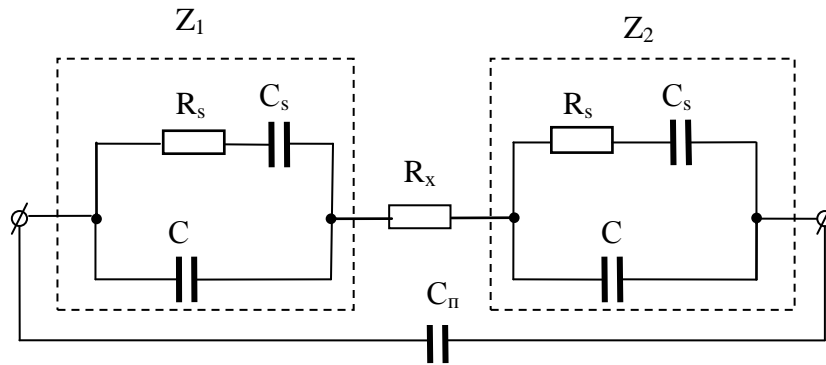


Рис. 1. Еквівалентна схема двоелектродної кондуктометричної комірки.

В даній схемі R_x – опір зразка питної води. Опір R_s та ємність C_s – елементи, які залежать від частоти, їх ще називають імпедансом Варбурга.

Результати досліджень. Фізичний зміст процесів, які проходять на електроді при протіканні змінного струму, можна представити наступним чином. Частина струму, що протікає через електроліт, витрачається на перезарядку конденсатора C , а інша – на розряд іонів на електроді, в результаті якого створюється додатковий поляризаційний опір R_s та ємність C_s , а також опір електрохімічної поляризації (рис. 1). Ємність C – ємність подвійного шару (не залежить від частоти), а ємність C_{Π} (паралельна ємність) визначається за формулою (1):

$$C_{\Pi} = C_1 + C_2 + C_3, \quad (1)$$

де: $C_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_x S}{d}$; $C_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_n S}{d}$; C_3 – ємність між провідниками, які з'єднують електролітичну комірку з вимірювальним засобом.

Ємності C_1 та C_2 – визначаються відстанню між електродами d , площею електродів S , а також діелектричними проникностями розчину ε_x та повітря ε_n . Тобто, інформативним параметром, який містить інформацію про склад електроліту необхідно вважати також ємність C_1 . При цьому до паразитних ємностей, які зумовлюють похибки вимірювання, необхідно віднести лише ємності C_2 та C_3 . В літературних джерелах [2, 3] аналіз зазначених ємностей не проводиться, причому як інформативний параметр аналізується лише активний опір розчину, а ємність C_n приймається як паразитна. Тому доцільно провести аналіз схеми заміщення за активною та реактивною складовими як інформативними параметрами комплексної провідності багатoelementного двополюсника, схема якого зображена на рис. 1.

Дослідження еклектичних параметрів води доцільно здійснювати на високих частотах. При збільшенні частоти до декількох десятків кілогерц елементи C_S та R_S , які залежать від частоти, можна прийняти рівними нулю 0. Тоді схема вимірювань значно спроститься і набуде наступного вигляду (рис. 2).

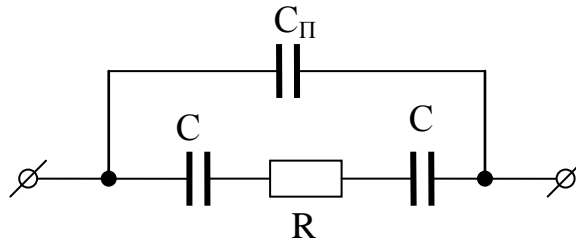


Рис. 2. Схема заміщення електролітичної комірки при вимірюваннях на високих частотах.

За такою схемою (рис. 2) вираз для комплексної провідності можна представити наступним чином:

$$Y = \frac{j\omega C + j\omega 2C_{\Pi} - \omega^2 C_{\Pi} RC}{2 + j\omega RC} = \frac{(j\omega C + j\omega 2C_{\Pi} - \omega^2 C_{\Pi} RC)(2 - j\omega^2 RC)}{4 + \omega^2 R^2 C^2}. \quad (2)$$

Згідно сучасних тенденцій доцільно вимірювати активну та реактивну складову електричної провідності води [4]. Виділимо активну та реактивну складову провідності. Активна складова (після здійснення необхідних математичних перетворень) матиме наступний вигляд:

$$\operatorname{Re}(Y) = G \frac{1}{1 + \left(\frac{2G}{\omega C}\right)^2}. \quad (3)$$

Виходячи з (2) реактивну складову провідності можна записати такою формулою:

$$\operatorname{Im}(Y) = \omega C_{\Pi} \left(1 + \frac{2 \frac{C}{C_{\Pi}}}{4 + \omega^2 R^2 C^2} \right). \quad (4)$$

Отже для еквівалентної схеми двоелектродної електролітичної комірки, яка використовується для контролю якості питної води виділено активну та реактивну складову, які описуються формулами (3) та (4). Як видно з даних формул активна складова провідності не залежить від паразитної ємності C_{Π} . Проте вплив паразитного ємнісного опору $X=1/\omega C_{\Pi}$ слід враховувати, оскільки він теж утворює похибку при вимірюваннях.

Дослідимо похибку, яка виникає при контролі якості води з допомогою схеми заміщення зображеної на рис. 1. Розглянемо похибку

вимірювання окремо для активної та реактивної складової. Для активної складової формула обчислення відносної похибки вимірювань матиме вигляд:

$$\delta_1 = \frac{\operatorname{Re}(Y) - \operatorname{Re}(Y_0)}{\operatorname{Re}(Y_0)} = \frac{\operatorname{Re}(Y)}{\operatorname{Re}(Y_0)} - 1. \quad (5)$$

Для реактивної складової:

$$\delta_2 = \frac{\operatorname{Im}(Y) - \operatorname{Im}(Y_0)}{\operatorname{Im}(Y_0)} = \frac{\operatorname{Im}(Y)}{\operatorname{Im}(Y_0)} - 1. \quad (6)$$

У формулах (5) та (6) Y – провідність досліджуваного зразка якості питної води; Y_0 – провідність базового зразка питної води.

Підставляючи формули (3) та (4) у формули (5) та (6) відповідно, та здійснюючи необхідні математичні перетворення, отримаємо вирази для оцінювання похибки активної та реактивної складової:

$$\delta_{\operatorname{Re}} = \frac{1}{1 + 4\left(\frac{G}{\omega C}\right)^2} - 1. \quad (7)$$

$$\delta_{\operatorname{Im}} = \frac{2\frac{C}{C_{II}}}{4 + \left(\frac{\omega C}{G}\right)^2}. \quad (8)$$

Аналізуючи отримані формули а також рис. 2, можна зробити висновок, що при $\omega \rightarrow \infty$, $\delta_{\operatorname{Re}} \rightarrow 0$ та $\delta_{\operatorname{Im}} \rightarrow 0$. Тому для підвищення точності доцільно вимірювання проводити на високих частотах.

Дослідимо графічну залежність похибки активної складової вимірювань за формулою (7) із допомогою пакету Maple.

Прийmemo, що $G/\omega C = b$. Отримаємо графічну залежність $\delta_{\operatorname{Re}}$ від $G/\omega C$ (рис. 3).

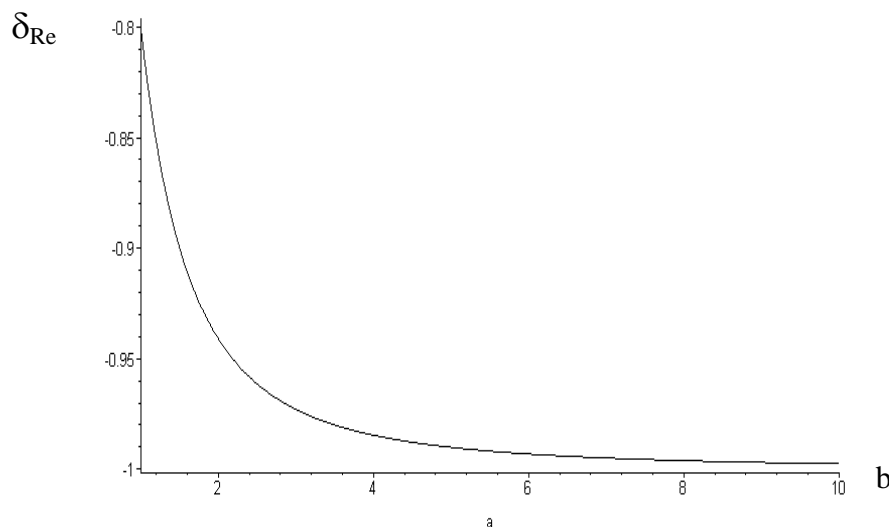


Рис. 3. Графічна залежність похибки активної складової вимірювань.

Дослідимо графічну залежність похибки реактивної складової вимірювань за формулою (8) Для цього виконаємо такі перетворення $C/C_{\Gamma} = a$, $G/\omega C = b$. Отримаємо (рис. 4):

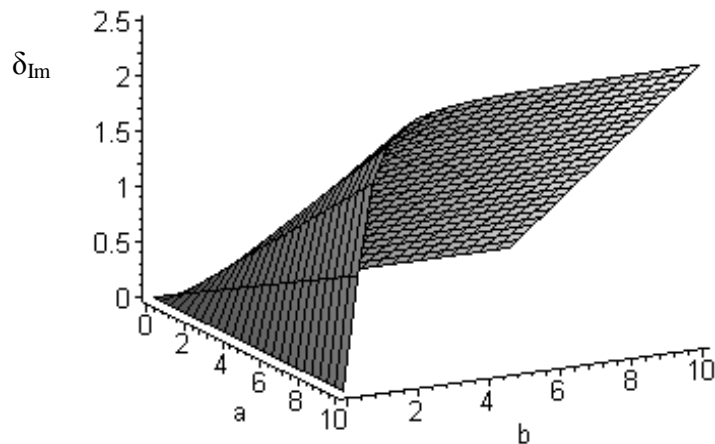


Рис. 4. Графічна залежність похибки реактивної складової вимірювань.

Отже, як впливає із наведених вище досліджень із ростом частоти вимірювань еквівалентна схема електролітичної комірки спрощується, а похибка вимірювань як активної так і реактивної складових зменшується. Тобто нівелюється вплив неінформативних параметрів на результати вимірювання.

Висновок. При контролі електропровідності води шляхом застосування двоелектродної кондуктометричної комірки, доцільно вимірювання проводити на високих частотах, щоб забезпечити необхідну точність результатів вимірювання. Врахування значення реактивної складової електропровідності води дозволяє підвищити чутливість та точність методу.

Список літератури

1. Походило Є.В. Контроль якості питної води за електричними параметрами / Є.В. Походило, О.Й. Гонсьор // Вимірювальна техніка та метрологія. 2008. – Вип. 68. – С. 237–242.
2. Робинсон Р. Растворы электролитов / Р. Робинсон, Р. Стокс. – М.: Издательство иностранной литературы, 1963. – 646 с.
3. Лопатин Б.А. Кондуктометрия / Б.А. Лопатин. – М.: Высшая школа, 1964. – 240 с.
4. Гонсьор О.Й. Вдосконалення нормативно-методичного забезпечення для оцінювання якості питного водопостачання: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук, спец. 05.01.02 «Стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення» / О.Й. Гонсьор. – Львів, 2008. – 20 с.
5. Малик О.В. Метод контролю якості молока за електричними параметрами: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук, спец. 05.01.02 «Стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення» / О.В. Малик. – Львів, 2013. – 22 с.

В работе рассматривается электрическая модель кондуктометрической клетки. Метод контроля качества воды для своих электрических параметрами. Анализ характеристик ошибок, возникающих при измерении активной и реактивной составляющей проводимости.

Контроль качества, электрофизические показатели качества, импеданс, погрешности.

In paper the electric model of conductometric cell is examined. The method of water quality control for its electrical parameters is considered. The analysis of the characteristics of errors arising in the measurement of active and reactive component of conductivity.

Quality control, the electrical qualitative indexes, impedance, measurement error.

УДК 677.31

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СКЛАДУ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛІ ІЗ БУДІВЕЛЬНОЇ ПОВСТІ ДЛЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

***Е.Б. Алієв, кандидат технічних наук
Інститут олійних культур НААН***

В результаті розрахунку теплофізичних властивостей деяких конструкцій сендвіч-панелей із будівельної повсті отримані графіки розподілу температури і точки роси по її ширині. На основі теоретичних досліджень теплофізичних властивостей сендвіч-панелі із будівельної повсті встановлено її раціональний склад «OSB (8 мм) – повсть (20 мм) – прошарок (10 мм) – сталь (0,5 мм)», який характеризується опором теплопередачі і питомими тепловими витратами.

Повсть, теплофізичні властивості, сендвіч-панелі, тваринницькі приміщення, температура, теплопередача.

Постановка проблеми. В останні роки при будівництві тваринницьких приміщень знайшли широкого використання трьохшарові сендвіч-панелі. Їх застосування при зведенні капітальних споруд та збірних модульних будівель отримало повсюдне поширення завдяки їх легкій вазі, стійкості конструкції, значній механічній міцності, а також високим показниками шумо- та теплоізоляції [1].

© Е.Б. Алієв, 2015

Аналіз останніх досліджень. Наряду з цим не вирішеною проблемою галузі вівчарства в Україні, є використання значних обсягів (3415 т) незатребуваної овечої вовни (грубої, малоцінної та проблемної), яка на сьогодні має низьку закупівельну ціну і приймається фабриками первинної обробки вовни лише великими партіями [2]. Однак, згідно з розробленою в ІМТ НААН механізованою технологією первинної обробки та переробки вовни, обсяги незатребуваної овечої вовни можна переробити в конкурентоспроможну екологічно безпечну товарну продукцію у вигляді будівельної повсті [3], яку можна використати в якості утеплювального матеріалу для сендвіч-панелей. Сендвіч-панелі – великорозмірні конструкції у вигляді трьохшарових елементів, в яких теплоізолюючий шар знаходиться між жорстким покриттям. При всіх відомих перевагах сендвіч-панелі мають ряд недоліків, які пов'язані з матеріалами, що використовуються в їх конструкціях [4].

Мета досліджень. Встановити раціональний склад сендвіч-панелі із будівельної повсті для тваринницьких приміщень на основі теоретичних досліджень її теплофізичних властивостей.

Результати досліджень. Розглянемо теплофізичні властивості деяких утеплювальних матеріалів, що сьогодні найбільш широко використовуються і, які можна використати в сендвіч-панелях (табл. 1).

1. Теплофізичні властивості матеріалів, що використовуються в сендвіч-панелях.

Матеріал	Щільність	Питома теплоємність	Коефіцієнт теплопровідності	Коефіцієнт паропроникності	Стандартна товщина
	ρ , кг/м ³	C , Дж/(кг·°C)	λ , Вт/(м·°C)	μ , мг/(м·год·°C)	δ , мм
Теплоізоляційні матеріали					
Мінеральна (кам'яна) вата	170-220	0,84	0,041	0,5	50, 100
Пінополістирол	12-45	1,34	0,038	0,03	20, 30,...50
Повсть будівельна	120-160	1,675	0,04	0,34	10, 20,...50
Жорстке покриття					
Орієнтовано-стружкова плита (OSB)	600-650	2,3	0,11	0,01	8, 10,...22
Оцинкована сталь, профільований лист сталі	7800-7850	0,48	58	0	0,5, 0,6,...0,8

З табл. 1 видно, що всі теплоізоляційні матеріали мають практично однакові теплофізичні властивості. Однак, приймаючи до уваги фактор екологічності, можна стверджувати, що найбільш безпечним теплоізоляційним матеріалом є будівельна повсть. Аналіз характеристик жорсткого покриття для сендвіч-панелей (табл. 1) показує, що орієнтовано-стружкова плита (OSB) має більш високі теплоізоляційні параметри ніж оцинкована сталь або профільований лист сталі, однак протилежна ситуація складається із паропроникністю.

Розрахунок теплофізичних властивостей сендвіч-панелі із будівельної повсті зводиться до визначення опору теплопередачі і паропроникності. Розрахунок опору теплопередачі сендвіч-панелі виконано за наступними формулами [5–9]:

– для окремого шару:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (1)$$

де: δ_i – товщина шару, м; λ_i – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·°С);

– для конструкції, що складається з декількох шарів:

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (2)$$

– загальний опір теплопередачі конструкції з урахуванням теплопереходів у внутрішньої ($R_{in} = 1/\alpha_{in}$) і зовнішньої ($R_{out} = 1/\alpha_{out}$) поверхонь:

$$R = \frac{1}{\alpha_{in}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{out}}, \quad (3)$$

де: α_{in} , α_{out} – коефіцієнти тепловіддачі, Вт/(м²·°С).

Первинні вимоги теплозахисту будуть виконані, якщо загальний опір теплопередачі конструкції R більший ніж величина необхідного опору теплопередачі R_{norm} , який визначається кліматичними умовами місця будівництва об'єкту, але залежить також від призначення будівлі (житлове, громадське, виробниче) і виду огорожувальної конструкції (стіни, покриття, перекриття, вікна і т.д.) [10]. Ця нерівність забезпечується зміною товщини шарів теплоізоляційних матеріалів в конструкції сендвіч-панелі δ_i або використанням матеріалів з різними коефіцієнтами теплопровідності λ_i .

Так, нормативні документи ДБН В.2.6-31:2006 [5] і СП 23-01-2004 [8] передбачають контроль не накопичення пароподібної (конденсованої) вологи виходячи з наступних умов:

1. Не накопичення вологи в сендвіч-панелі за річний період експлуатації. Тобто конденсована волога, що накопичилася в сендвіч-панелі за зимовий період, повинна віддалитися (випаровуватися) за літній період.

2. Не накопичення вологи в огороженні більше визначеної величини ΔW , яка регламентується нормами [5, 8].

Забезпечення не накопичення пароподібної вологи в сендвіч-панелі є необхідною умовою проектування теплозахисту. Цю умову можна забезпечити, якщо оперувати величиною опору паропроникності шару:

$$R_{\text{пi}} = \frac{\delta_i}{\mu_i}, \quad (4)$$

де: μ_i – коефіцієнт паропроникності, мг/(м·год·°С).

Величину $R_{\text{пi}}$ окремого шару можна регулювати за рахунок зміни товщини шару δ_i або вибору матеріалу з іншим коефіцієнтом паропроникності μ_i . При неможливості усунути паропроникність варіюванням вищезгаданих параметрів раціонально використовувати конструкцію із вентиляльованим повітряним прошарком.

Розрахунок теплофізичних властивостей сендвіч-панелі із будівельної повсті проведемо в програмному пакеті Smartcalc [11]. В якості кліматичних параметрів для проведення розрахунків обрано Запорізьку область, клімат якої характеризується рядом параметрів наведених в табл. 2 [10].

2. Основні кліматичні параметри Запорізької області.

Параметр	Значення
Температура холодної п'ятиденки з забезпеченістю 0,92, °С	-21
Тривалість опалювального періоду, дiб	166
Середня температура повітря опалювального періоду, °С	0,3
Відносна вологість повітря найбільш холодного місяця, %	85
Умови експлуатації приміщення	A
Кількість градусо-дiб опалювального періоду (ГСОП), °С·добу	3270

В результаті розрахунку теплофізичних властивостей деяких конструкцій сендвіч-панелей із будівельної повсті отримані графіки розподілу температури і точки роси по її ширині (рис. 1 – рис. 5).

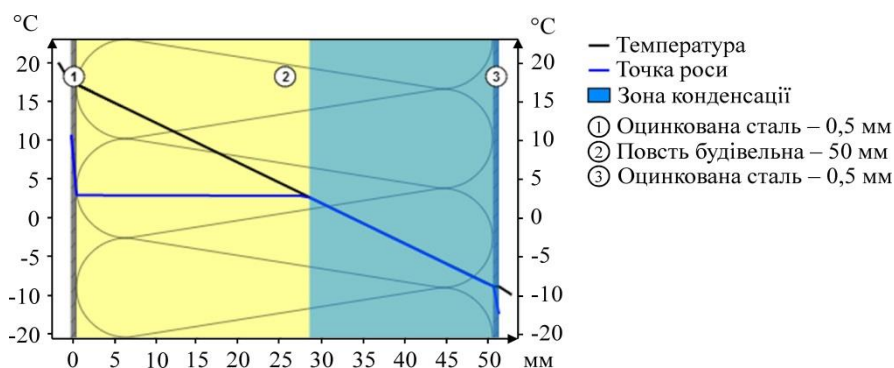


Рис. 1. Розподілу температури і точки роси сендвіч-панелі типу «Сталь (0,5 мм) – повсть (20 мм) – сталь (0,5 мм)».

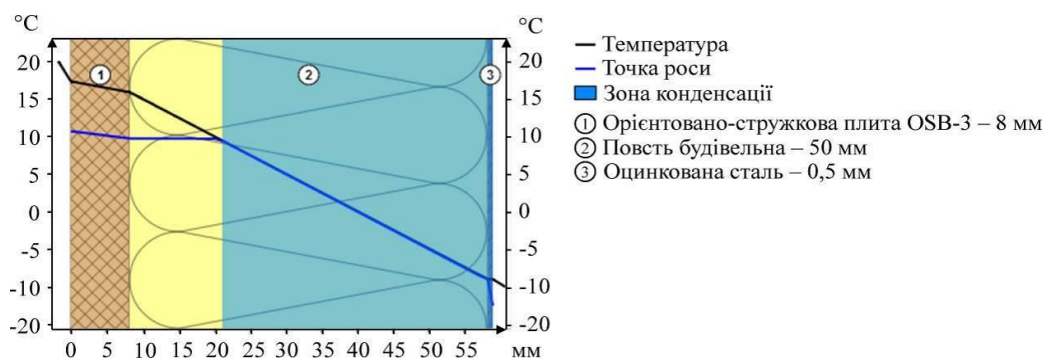


Рис. 2. Розподілу температури і точки роси сендвіч-панелі типу «OSB (8 мм) – повість (20 мм) – сталь (0,5 мм)».

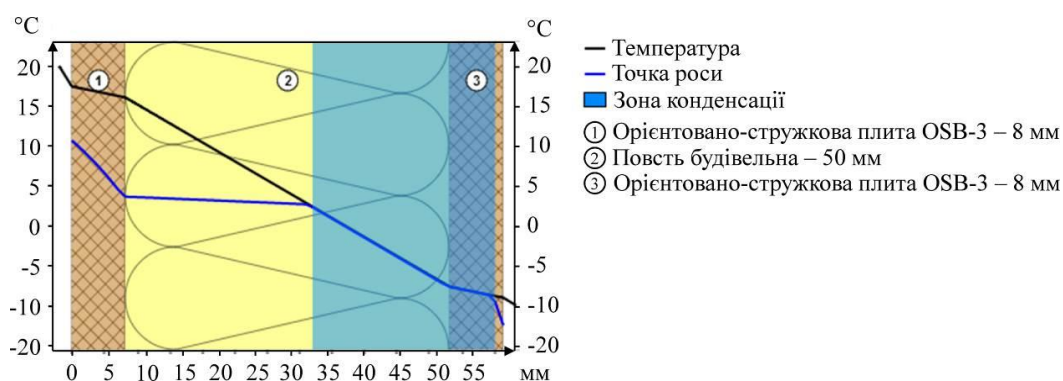


Рис. 3. Розподілу температури і точки роси сендвіч-панелі типу «OSB (8 мм) – повість (20 мм) – OSB (8 мм)».

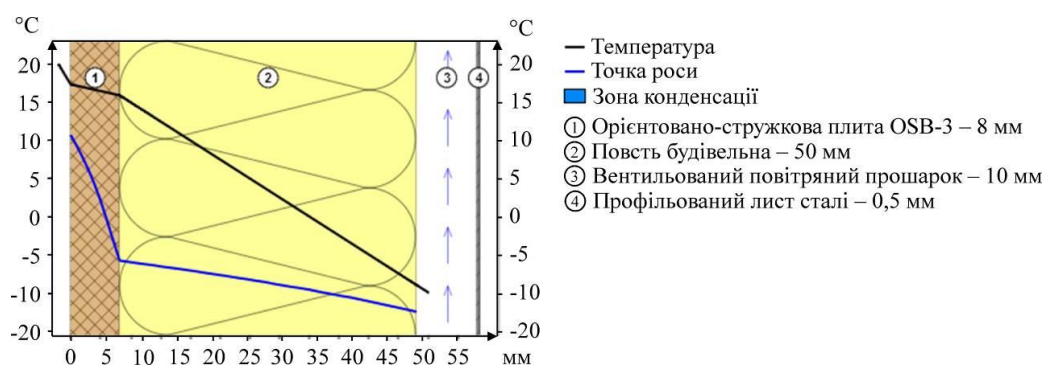


Рис. 4. Розподілу температури і точки роси сендвіч-панелі типу «OSB (8 мм) – повість (20 мм) – прошарок (10 мм) – сталь (0,5 мм)».

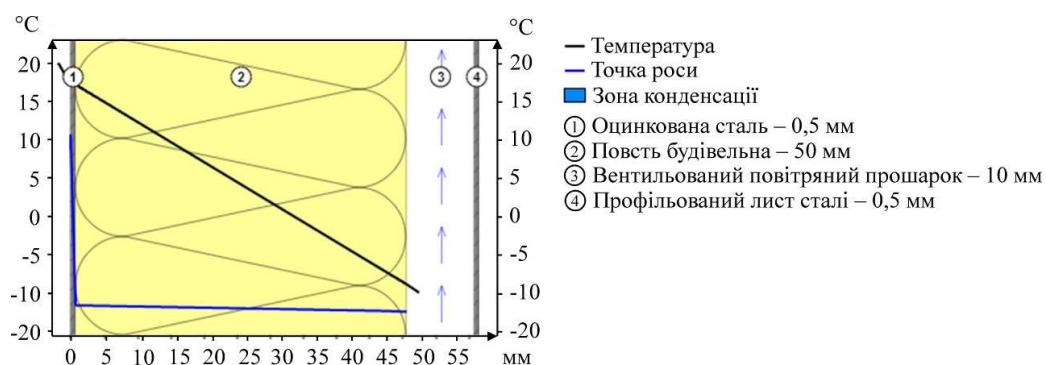


Рис. 5. Розподілу температури і точки роси сендвіч-панелі типу «Сталь (0,5 мм) – повість (20 мм) – прошарок (10 мм) – сталь (0,5 мм)».

Зведені дані теплофізичних параметрів сендвіч-панелей різних типів представлено в табл. 3, з якої видно що найбільш ефективна з точки зору теплопередачі і паропроникності є сендвіч-панель типу «OSB (8 мм) – повсть (20 мм) – прошарок (10 мм) – сталь (0,5 мм)».

3. Теплофізичні параметри сендвіч-панелей різних типів.

Тип сендвіч-панелі	Опір теплопередачі	Питомі теплові витрати	Опір паропроникності
	R, м ² ·°C/Вт	Q, Вт·год/м ²	R _п , (м ² ·Па·год)/мг
Сталь (0,5 мм) – повсть (20 мм) – сталь (0,5 мм)	1,22	16,12	10,15
OSB (8 мм) – повсть (20 мм) – сталь (0,5 мм)	1,28	15,35	0,95
OSB (8 мм) – повсть (20 мм) – OSB (8 мм)	1,35	14,64	0,95
OSB (8 мм) – повсть (20 мм) – прошарок (10 мм) – сталь (0,5 мм)	1,33	14,78	–
Сталь (0,5 мм) – повсть (20 мм) – прошарок (10 мм) – сталь (0,5 мм)	1,27	15,5	–
Вимоги [9,10]			
Санітарно-гігієнічні вимоги	>1,18	<16,72	
Нормоване значення по елементних вимог	>1,6	<12,29	> 2,84
Базове значення по елементних вимог	>2,54	<7,74	

Висновок. На основі теоретичних досліджень теплофізичних властивостей сендвіч-панелі із будівельної повсті встановлено її раціональний склад «OSB (8 мм) – повсть (20 мм) – прошарок (10 мм) – сталь (0,5 мм)», який характеризується наступними параметрами: опір теплопередачі $R = 1,33 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, питомі теплові витрати $Q = 14,78 \text{ Вт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$.

Список літератури

1. *Филипсон Я.А.* Анализ преимуществ и недостатков применения металлических «сэндвич»-панелей в строительстве / *Я.А. Филипсон* // Сборник материалов VI-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых /отв. ред. *О.А. Краев.* – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. – С. 169–180.
2. *Сухарльов В.О.* Обґрунтування розроблення техніко-технологічного модуля для виготовлення повсті на місцях виробництва вовни / *В.О. Сухарльов, В.В. Лиходід, І.М. Романцов* // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2010. – Вип. 1 (5, 6). – С. 116–119.

3. Лиходід В.В. Результаты виробничих випробувань малогабаритної плитно-валяльної машини ПВМ-1 / В.В. Лиходід, Е.Б. Алієв, С.І. Павленко, В.В. Івлєв // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2014. – Вип. 144. – С. 196–201.
4. Трескова Н.В. Утепление наружных стен / Н.В. Трескова, А.С. Мареева // Кровельные и изоляционные материалы. – 2012. – № 1. – С. 40–44.
5. ДБН В.2.6-31: 2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель [на заміну СНиП II-3-79]: затв. наказом № 301 Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 09.09.2006 р.; чинний від 2007-04-01. – Мінбуд України, 2006. – К.: ДП «Укрархбудінформ». – 71 с.
6. Тепловая защита зданий: СНиП 23-02. – Министерство регионального развития РФ, 2011 – М. – 48 с.
7. ГОСТ Р 54851–2011 (ISO 14683:2007, NEQ) Конструкции строительные ограждающие неоднородные. Расчёт приведенного сопротивления теплопередаче: утв. и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2011 г. № 1556-ст. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2012. – 24 с.
8. СП 23-01-2004 Проектирование тепловой защиты зданий [взамен СП 23-101-2000]: введен в действие 2004-06-01. – М, 2004. – 178 с.
9. СТО 00044807-001-2006 Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий: утв. приказом РОИС 21 февраля 2006 г. № 8-12; введён в действие с 1 марта 2006 г. – РОИС, 2006. – М. – 67 с.
10. ДСТУ-Н Б В.1.-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія : затв. наказом № 511 від 16.12.2010 р.; чинний від 2011-11-01. – Мінрегіонбуд України, 2011. – К.: ДП «Укрархбудінформ». – 123 с.
11. *Теплотехнический калькулятор. Расчет утепления и точки росы для строящих свой дом [Электронный ресурс]/ Сетевой ресурс www.smartcalc.ru, идея и разработка В.А. Куреев. – Режим постоянного доступа: <http://www.smartcalc.ru/thermocalc>. – Дата последнего просмотра 02.04.2014.*

В результате расчета теплофизических свойств некоторых конструкций сэндвич-панелей из строительного войлока получены графики распределения температуры и точки росы по ее ширине. На основе теоретических исследований теплофизических свойств сэндвич-панели из строительного войлока установлен его рациональный состав «OSB (8 мм) – войлок (20 мм) – слой (10 мм) – сталь (0,5 мм)», который характеризуется сопротивлением теплопередаче и удельным тепловым расходом.

Войлок, теплофизические свойства, сэндвич-панели, животноводческие помещения, температура, теплопередача.

Result of calculation of thermal properties of some structures of sandwich panels of the building felt the resulting chart of temperature and dew point in its width. On the basis of theoretical investigations of thermal properties of sandwich panels of the building felt it set a rational structure of «OSB (8 mm) – felt (20 mm) – layer (10 mm) – steel (0.5

mm)", which is characterized by resistance to heat transfer and specific heat flow.

Felts, thermal properties, sandwich panels, livestock facilities, temperature, heat transfer.

УДК 677.057.617

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВАЛЯННЯ ГРУБОЇ ОВЕЧОЇ ВОВНИ В ПОВСТЯНИЙ ПЛАСТ НА МАЛОГАБАРИТНІЙ ПЛИТНО-ВАЛЯЛЬНІЙ МАШИНИ

Е.Б. Алієв, кандидат технічних наук

Інститут олійних культур НААН

С.І. Павленко, кандидат технічних наук

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

Виходячи з умов інтенсифікації процесу валяння грубої овечої вовни в повстяний пласт обґрунтовано геометричні параметри рифлів робочої поверхні верхньої рухомої плити малогабаритної плитно-валяльної машини. З умови максимальної площі дії напруженості, яка виникає в шарі грубої овечої вовни під час навантаження встановлено геометрію рифлів робочої поверхні верхньої рухомої плити малогабаритної плитно-валяльної машини.

Вовна, повсть, валяння, математична модель, рифлі, функція.

Постановка проблеми. Аналізуючи результати попередніх експериментальних досліджень [1–4] процесу ущільнення зволоженої грубої овечої вовни було виявлено, що її деформація під дією робочої поверхні верхньої рухомої плити із рифлями відбувається не рівномірно за її товщиною.

Аналіз останніх досліджень. Ці спостереження привели до гіпотези про взаємодію робочої поверхні верхньої рухомої плити малогабаритної плитно-валяльної машини із зволоженою грубою овечою вовною, згідно якої використання поверхні із рифлями у порівнянні з плоскою поверхнею призводить до збільшення площі дії напруженості, яка виникає в шарі грубої вовни під час навантаження.

Мета досліджень. Обґрунтувати геометричні параметри рифлів робочої поверхні верхньої рухомої плити малогабаритної плитно-валяльної машини.

© Е.Б. Алієв, С.І. Павленко, 2015

Результати досліджень. Для перевірки висунутої гіпотези щодо доцільності використання рифлів на робочій поверхні верхньої рухомої плити малогабаритної плитно-валяльної машини розглянемо напружено-деформаційний стан зволоженої грубої вовни, яка навантажена по всій області на її поверхні. В прийнятій системі координат гранична поверхня співпадає з площиною XY , а вісь OZ направлена по товщині вовни. Навантаження направлено паралельно вісі OY і має ширину $2a$ повздовж вісі OX ; по цій вісі діють нормальні і дотичні зусилля, які залежать тільки від координати x . Приймаємо, що в грубій вовні в результаті прямолінійного навантаження реалізується стан плоскої деформації, тобто $\epsilon_y = 0$.

На рис. 1 представлено переріз шару зволоженої грубої овечої вовни. Поверхневі зусилля $p(x)$ і $q(x)$ діють на границю на ділянці від $x = -a$ до $x = a$. Визначимо компоненти напружень, які спричинені зусиллями $p(x)$ і $q(x)$ у будь якій точці.

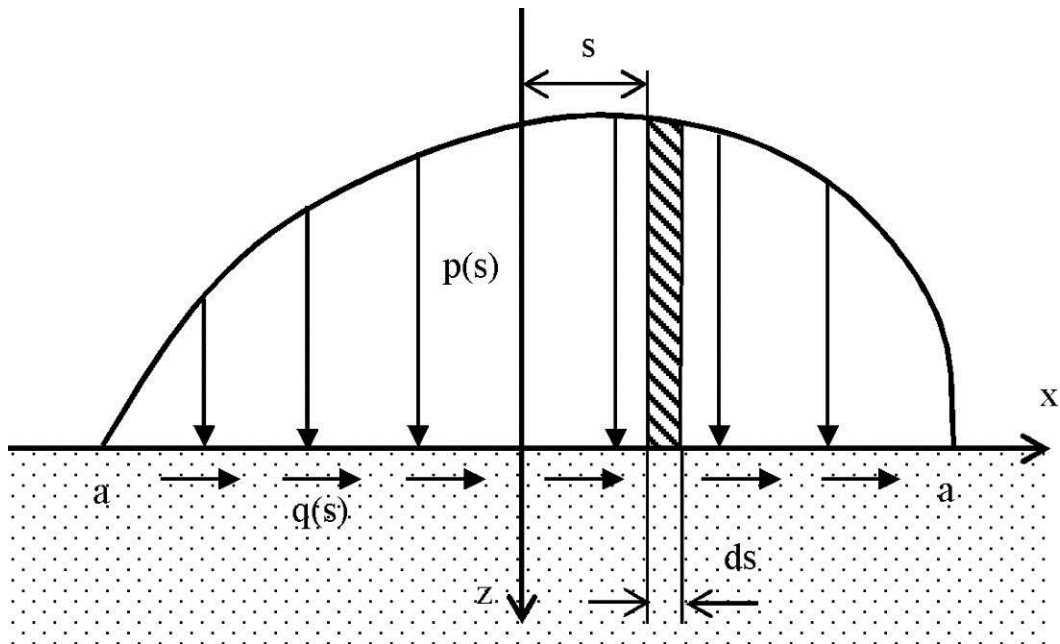


Рис. 1. Розрахункова схема деформації зволоженої грубої вовни.

Рівняння рівноваги напруженості для плоскої задачі має вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} &= 0, \\ \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

де: σ_x , σ_z – нормальні напруженості, що діють на елемент грубої овечої вовни вздовж OX і OZ ; τ_{xz} – дотичне напруження, що діє на елемент грубої овечої вовни.

Відповідні деформації ϵ_x , ϵ_z і γ_{xz} повинні задовольняти рівнянню сумісності:

$$\frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{xz}}{\partial x \partial z}, \quad (2)$$

де: ε_x , ε_z – лінійна деформація елемента грубої вовни вздовж OX і OZ; γ_{xz} – кутова деформація елемента грубої овечої вовни.

В умовах плоскої деформації маємо:

$$\varepsilon_y = 0, \quad \sigma_y = \nu(\sigma_x + \sigma_z), \quad (3)$$

тоді рівняння для пружно-в'язко-пластичного тіла, що пов'язує напруженість і деформацію має вигляд:

$$\begin{aligned} \eta \frac{\partial \varepsilon_x}{\partial t} + E \varepsilon_x &= \xi [(1 - \nu^2) \sigma_x - \nu(1 + \nu) \sigma_z], \\ \eta \frac{\partial \varepsilon_z}{\partial t} + E \varepsilon_z &= \xi [(1 - \nu^2) \sigma_z - \nu(1 + \nu) \sigma_x], \\ \eta \frac{\partial \gamma_{xz}}{\partial t} + E \gamma_{xz} &= \xi [2(1 + \nu) \tau_{xz}], \end{aligned} \quad (4)$$

де: η – коефіцієнт в'язкості; E – модуль пружності; ν – коефіцієнт Пуассона; ξ – коефіцієнт пластичності.

В подальшому розрахунку розглянемо стаціонарну задачу (миттєвий момент часу найбільшої деформації), тобто $\frac{\partial \varepsilon_x}{\partial t} = 0$:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{\xi}{E} [(1 - \nu^2) \sigma_x - \nu(1 + \nu) \sigma_z], \\ \varepsilon_z &= \frac{\xi}{E} [(1 - \nu^2) \sigma_z - \nu(1 + \nu) \sigma_x], \\ \gamma_{xz} &= \frac{\xi}{E} [2(1 + \nu) \tau_{xz}]. \end{aligned} \quad (5)$$

Зусилля, що діє на елемент поверхні шириною ds в точці, яка розташована на відстані s від початку координат, можна інтерпретувати, як зосереджені сили [5] величини pds , що діє по нормалі до поверхні, і величини qds по дотичній:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= -\frac{2z}{\pi \xi} \int_{-a}^a \frac{p(s)(x-s)^2 ds}{[(x-s)^2 + z^2]^2} - \frac{2}{\pi \xi} \int_{-a}^a \frac{q(s)(x-s)^3 ds}{[(x-s)^2 + z^2]^2}, \\ \sigma_z &= -\frac{2z^3}{\pi \xi} \int_{-a}^a \frac{p(s) ds}{[(x-s)^2 + z^2]^2} - \frac{2z^2}{\pi \xi} \int_{-a}^a \frac{q(s)(x-s) ds}{[(x-s)^2 + z^2]^2}, \\ \tau_{xz} &= -\frac{2z^2}{\pi \xi} \int_{-a}^a \frac{p(s)(x-s) ds}{[(x-s)^2 + z^2]^2} - \frac{2z}{\pi \xi} \int_{-a}^a \frac{q(s)(x-s)^2 ds}{[(x-s)^2 + z^2]^2}. \end{aligned} \quad (6)$$

Розглянемо напружено-деформаційний стан зволоженої грубої вовни під дією навантаження $p(x) = \text{const}$, $q(x) = 0$, яке спричинено плоскою робочою поверхнею верхньої рухомої плити малогабаритної плитно-валяльної машини (рис. 2). При цьому відносна деформації вздовж вісі OZ становитиме:

$$\varepsilon_z(x) = \varepsilon_0 = \text{const}. \quad (7)$$

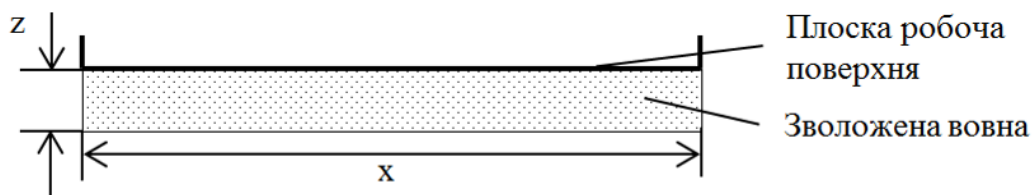


Рис. 2. Плоска робоча поверхня верхньої рухомої плити малогабаритної плитно-валяльної машини.

Вирішуючи систему диференціальних рівнянь (5)-(7) чисельними методами у програмному пакеті Maple і враховуючи, що $p(x) = p_0 = \text{const}$ і $q(x) = 0$, отримуємо графіки розподілу нормальних напруженостей σ_z і σ_x в кожній точці шару зволоженої грубої овечої вовни (рис. 3).

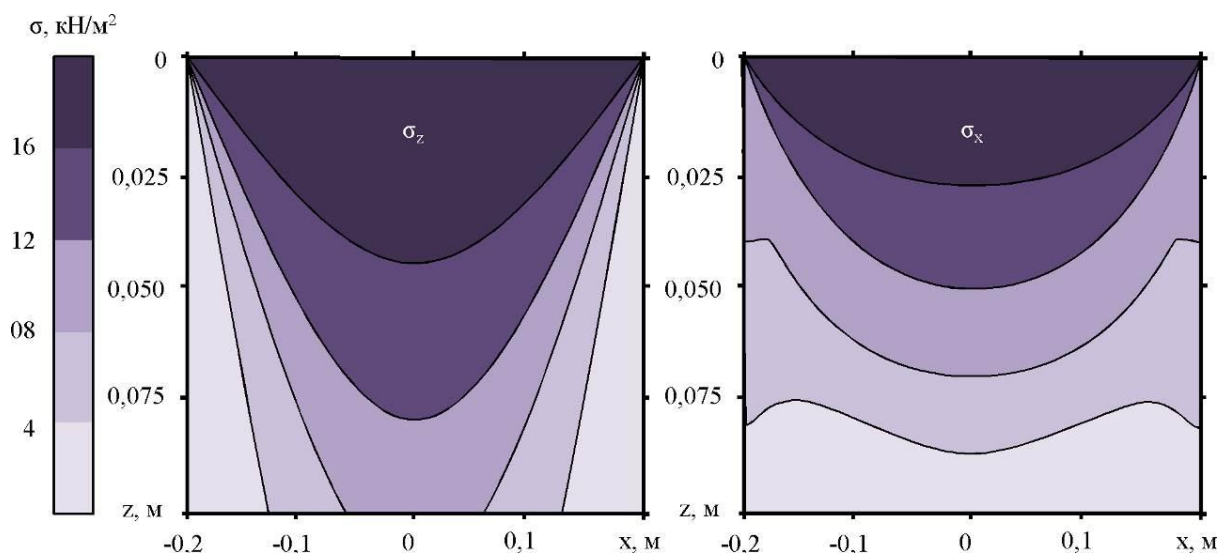


Рис. 3. Графіки розподілу нормальних напруженостей σ_z і σ_x в кожній точці шару зволоженої грубої вовни під дією плоскої робочої поверхні.

Розглянемо напружено-деформаційний стан зволоженої грубої овечої вовни під дією навантаження $p(x)$, $q(x) = 0$, яке спричинено робочою поверхнею плитно-валяльної машини із рифлями (рис. 4). Для спрощення розрахунків приймаємо профіль робочої поверхні у вигляді функції $z = \frac{\lambda}{2} \cos\left(\frac{\pi x}{\lambda}\right)$. При цьому відносна деформації вздовж вісі OZ становитиме:

$$\varepsilon_z(x) = \varepsilon_0 + \frac{\lambda}{2H} \cos\left(\frac{\pi x}{\lambda}\right). \quad (8)$$

де: λ – геометричний параметр рифлів (параметр, що характеризує частоту коливань профілю робочої поверхні рифлів); H – товщина шару вовни.

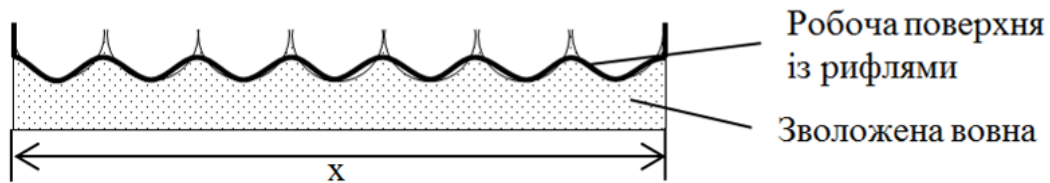


Рис. 3. Робоча поверхня верхньої рухомої плити малогабаритної плитно-валяльної машини із рифлями.

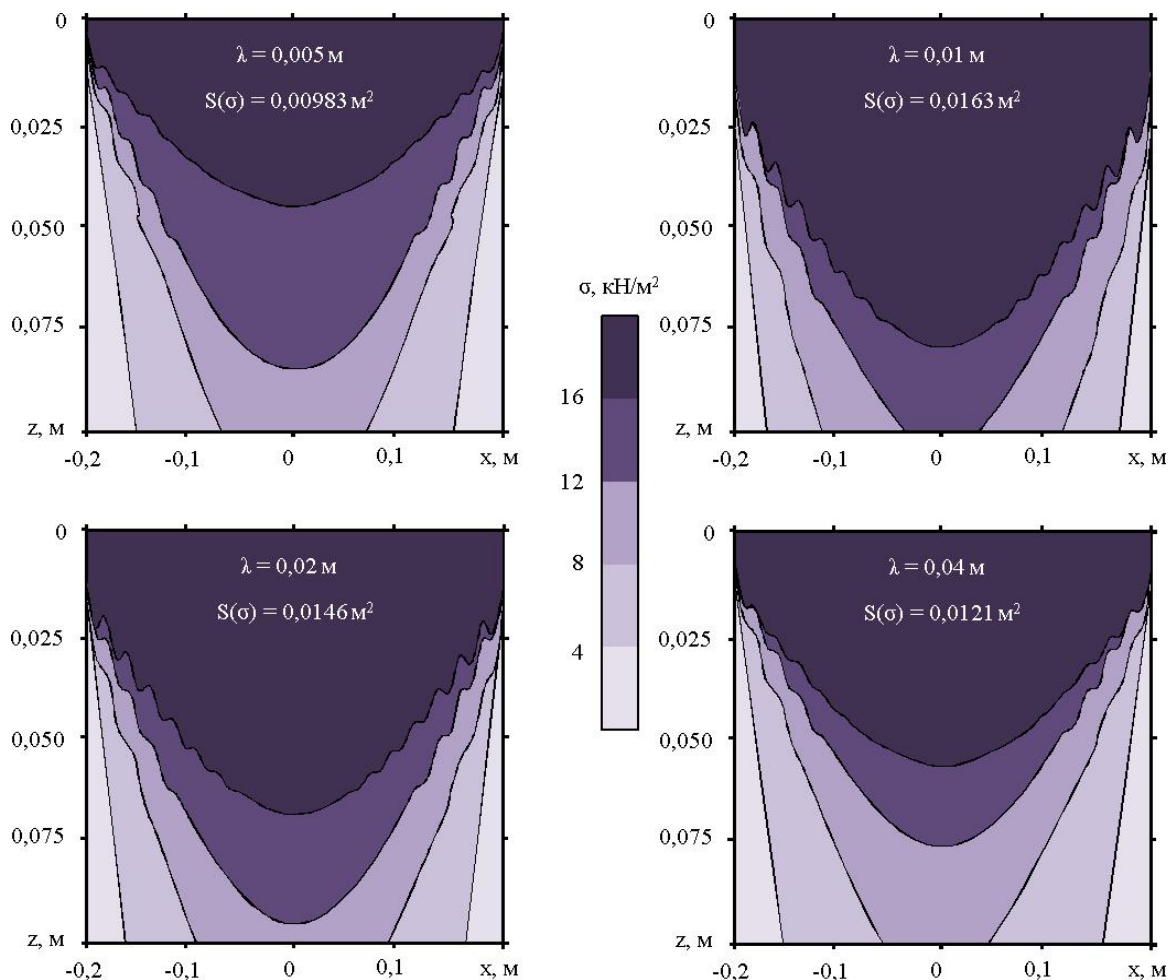


Рис. 4. Графіки розподілу нормальної напруженості σ_z в кожній точці шару зволоженої грубої овечої вовни під дією робочої поверхні верхньої рухомої плити із рифлями з різним геометричним параметром λ .

Згідно досліджень [5] синусоїдальна форма поверхні преса призводить до синусоїдальних змін напруженості по всій площі дії в матеріалі, що пресується. Тому вирішуючи систему диференціальних рівнянь чисельними методами в програмному пакеті Maple і врахо-

вуючи, що $p(x) = p_0 \cos\left(\frac{\pi x}{\lambda}\right)$ і $q(x) = 0$, отримуємо графіки розподілу нормальної напруженості σ_z в кожній точці шару зволоженої грубої овечої вовни при різному геометричному параметрі рифлів λ (рис. 5).

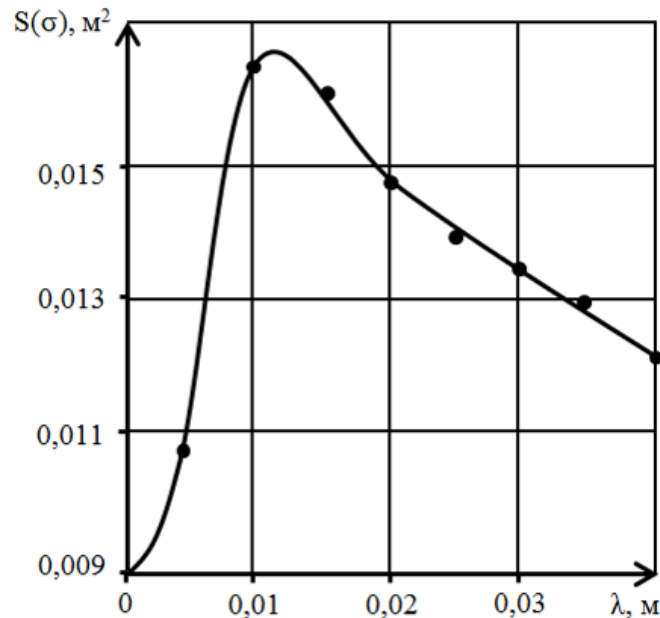


Рис. 5. Графік залежності площі дії напруженості $S(\sigma)$ від геометричного параметра рифлів λ .

Графік залежності площі дії напруженості від геометричного параметра рифлів (рис. 5) підтверджує поставлену гіпотезу про взаємодію робочої поверхні верхньої рухомої плити малогабаритної плитно-валяльної машини зі зволоженою грубою овечою вовною [6]. З рис. 5 видно, що максимальна площа дії напруженості спостерігається при геометричному параметрі рифлів $\lambda = 0,011$ м. Відповідно до цього геометрія рифлів робочої поверхні верхньої рухомої плити малогабаритної плитно-валяльної машини повинна бути представлена у вигляді функції $z = \frac{\lambda}{2} \cos\left(\frac{\pi x}{\lambda}\right) = 0,0055 \cdot \cos(285,6 \cdot x)$ (м).

Висновок. Виходячи з умов інтенсифікації процесу валяння грубої овечої вовни в повстятий пласт обґрунтовано геометричні параметри рифлів робочої поверхні верхньої рухомої плити малогабаритної плитно-валяльної машини. З умови максимальної площі дії напруженості, яка виникає в шарі грубої овечої вовни під час навантаження встановлено геометрію рифлів робочої поверхні верхньої рухомої плити малогабаритної плитно-валяльної машини у вигляді функції $z = \frac{\lambda}{2} \cos\left(\frac{\pi x}{\lambda}\right) = 0,0055 \cdot \cos(285,6 \cdot x)$ (м).

Список літератури

1. Запорощенко К.Л. Теоретическое и экспериментальное исследование упругих свойств натуральной шерсти / К.Л. Запорощенко, И.М. Кузнецов // Изв. вузов технология текст., пром-сти. – 1989. – №2. – С. 25–30.
2. Энхбаатар П. Определение деформационных характеристик слоя шерсти / Энхбаатар П., Демидов А.В., Фомин Ю.Г. // Вестник НПО. – 2002. – Вып. 5. – С. 29–32.
3. Демидов А.В. Исследование деформационных характеристик слоя шерсти / А.В. Демидов // Молодые ученые – развитию текстильной и легкой пром-ти. (Поиск-2003). Тез. докл. межвуз. научн.- техн. конф. – Иваново, 2003. – С. 108–110.
4. Розробити новітні ресурсозберігаючі технологічні процеси та засоби механізації ведення високопродуктивного м'ясо-молочного вівчарства: Звіт про НДР (заключ.) / Ін-т мех. тваринництва НААН. – 40.03-021: № ДР 0106U004738, Інв. № 0211U000499. – Запоріжжя, 2010. – 137 с.
5. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон. – М.: Мир, 1989. – 508 с.
6. Алієв Е.Б. Теоретичне обґрунтування геометричних параметрів рифлів робочої поверхні плитно-валяльної машини / Е.Б. Алієв, В.В. Івлєв, А.В. Грицун // Вібрації в техніці та технологіях. – 2013. – №4 (72). – С. 86–91.

Исходя из условий интенсификации процесса валяния грубой овечьей шерсти в войлочный полост обоснованно геометрические параметры рифлей рабочей поверхности верхней подвижной плиты малогабаритной плитно-валяльно машины. Из условия максимальной площади действия напряженности, которая возникает в слое грубой овечьей шерсти во время нагрузки установлено геометрию рифлей рабочей поверхности верхней подвижной плиты малогабаритной плитно-валяльно машины.

Шерсть, войлок, валяние, математическая модель, рифли, функция.

Based on the conditions of intensification of the process of felting coarse wool felt in cavities reasonable geometric parameters of corrugation working surface of the upper movable plate compact plate-felling machine. From the condition of the maximum area of action of tension that occurs in a layer of coarse wool during exercise found corrugation geometry of the working surface of the upper movable plate compact plate-felling machine.

Wool, felt, felting, mathematical model, ruffles, function.

НОВІТНЄ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УТРИМАННЯ КУРЕЙ-НЕСУЧОК ТБК ДН ВІД ТОВ "ВО ТЕХНА"

В.Б. Зора, кандидат технічних наук
Державна наукова установа «Український науково-дослідний
інститут прогнозування та випробування техніки і техно-
логій для сільськогосподарського виробництва
імені Леоніда Погорілого»

Досліджено інноваційне обладнання для утримання курей від вітчизняного виробника ТОВ "ВО Техна", вказано на його недоліки і переваги.

Автоматизація технологічних процесів, дванадцятиярусна кліткова батарея, сітчаста платформа.

Постановка проблеми. На фермах України експлуатується більше зарубіжної техніки ніж від вітчизняного виробника. Тоді як вітчизняне птахівниче обладнання нічим не поступається зарубіжним аналогам.

Аналіз останніх досліджень. Населення планети невпинно росте і велика його кількість людей не достатньо забезпечена їжею. В деяких регіонах Землі населення голодає [1, 2]. Птахівництво – це та галузь, в якій найшвидше відновлюється поголів'я, а продукція її (яйця і м'ясо) мають високий вміст білка та інших корисних речовин, необхідних для життєдіяльності людини [3]. В Україні родючі землі, працьовитий і високоінтелектуальний народ. Наша країна може вкласти свій значний вклад, прийнявши участь у вирішенні питань продовольчої безпеки планети.

Мета досліджень. Дослідити інноваційне дванадцятиярусне кліткове обладнання для утримання курей-несучок ТБК ДН виробництва ТОВ «ВО Техна».

Результати досліджень. На обладнанні для утримання курей-несучок ТБК ДН попередньо ми проводили випробування на предмет його ідентифікації та безпеки (сертифікаційні). Маючи великий досвід випробувань птахівничого обладнання та матеріали сертифікаційних випробувань ТБК ДН [4], проведемо прогнозовані дослідження обладнання для утримання курей-несучок ТБК ДН.

Кліткове обладнання ТБК (рис. 1) призначене для утримання курей-несучок у приміщеннях з регульованим мікрокліматом [5]. Обладнання ТБК може мати в своєму складі кліткові батареї від трьох

до дванадцяти ярусів (ТБК 3, ... ТБК ДН). У досліджуваному обладнанні, яке працює на ВАТ «Птахофабрика «Україна» (с. Крушинка Васильківського р-ну Київської обл.), сім дванадцятиярусних батарей ТБК 12/7. Обладнання можна використовувати в технологіях утримання курей-несучок у всіх кліматичних зонах України.



Рис. 1. Кліткова батарея для утримання курей-несучок ТБК.

Особливістю цього обладнання є те, що в Україні вперше застосовується для утримання птиці 12-ярусна кліткова батарея і виготовлена вона вітчизняним виробником. Такого рівня обладнання – велика рідкість і в світовій практиці. А це вже свідчить про те, що наш вітчизняний виробник ТОВ «ВО Техна» займає високе положення в світі серед лідерів виробників птаховничого обладнання.

Обладнання складається з кліткових батарей і систем: годування (зберігання кормів і кормороздачі); напування (підготовка і подача води до напувалок); транспортування і збору яєць (з батарей і за межі пташника); видалення посліду (з батарей і за межі пташника); створення мікроклімату; електрообладнання.

Серійне виробництво обладнання ТБК розпочато у 2006 році. Обладнання працює в Україні, Росії, Білорусі, Узбекистані, Казахстані, Киргизії, Грузії, Тунісі, Ірані, Литві і Аргентині. Лише в 2013 році було виготовлено та змонтовано 49 комплектів обладнання ТБК [6].

До складу обладнання ТБК ДН, що досліджується входять: бункер зберігання корму; похилий та горизонтальний транспортери завантаження корму; вузол водопідготовки; дванадцятиярусні кліткові батареї, які включають (мобільні бункери-кормороздавачі, лінії напу-

вання з ніпелями і краплеуловлювачами, транспортери видалення посліду з кліткових батарей, транспортери яйцезбору з кліткових батарей, елеваторний механізм для системи яйцезбору, система транспортування яєць (ТА), поперечний транспортер видалення посліду з приміщення, похилий транспортер завантаження посліду в транспортний засіб, платформа між шостим і сьомим ярусами, автоматизована система керування мікрокліматом у пташнику, електрообладнання з блоком керування.

Батарея – прямоточна дворядна. Кліткова частина батареї складається із секцій кліток, розміщених ярусами. Основою батареї є стояки, зігнуті з листової оцинкованої сталі товщиною 2,5 мм.

Особливістю обладнання ТБК ДН є те, що на рівні між шостим і сьомим ярусами кліткових батарей по всьому простору пташника сконструйована сітчаста платформа, по якій обслуговуючий персонал може не лише ходити, а й переміщатися на візку для обслуговування верхніх (9-12) ярусів (рис. 2). Платформа кріпиться між батареями до балок, закладених в конструкції батареї; між стіною і батареєю – до балки в батареї і металоконструкціями, прикріпленими до стіни. Клітка складається з таких основних елементів: підлоги (підніжної решітки), яка лежить на оцинкованому дроті, дверцят, бокових, передніх і задніх сітчастих стінок. Підлога кліток виготовляється із сітки (діаметр дроту – 2,2 мм) з отворами розміром (25x50) мм і встановлюється під кутом 7° для вільного скочування яєць на яйцезбірний поздовжній транспортер (рис. 3).

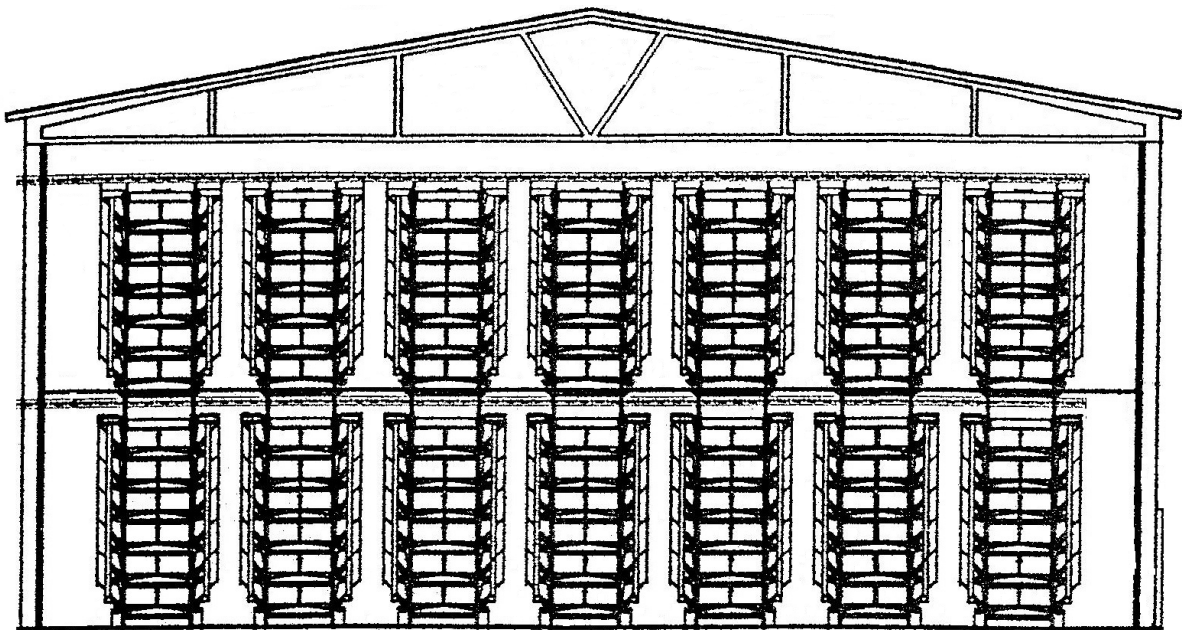


Рис. 2. Схема дванадцятиярусного обладнання ТБК ДН виробництва ТОВ «Техна».



Рис. 3. Система збору яєць обладнання ТБК ДН.

Обладнання, яке забезпечує кормороздачу, водопостачання та прибирання посліду ідентичне класичному (ТБК). Яйця з позовжніх стрічкових транспортерів потрапляють на елеваторний транспортер і далі на транспортер системи транспортування яєць (рис. 4).



Рис. 4. Система транспортування яєць ТА на обладнанні ТБК ДН.

В результаті проведення технічної експертизи під час сертифікаційних випробувань обладнання ТБК відмічено задовільну якість його виготовлення. Всі елементи кліткової батареї виготовлені з оцинкованого металу. Обладнання має стійку жорстку конструкцію

завдяки застосуванню регулювальних гвинтів, встановлених в основі кожного стояка, задля вирівнювання батареї по горизонталі, що значно підвищує надійність обладнання. Якість виготовлення деталей та вузлів обладнання – задовільна, пошкоджень захисного покриття не виявлено. Складники обладнання надійно закріплені до опорного каркаса батареї, що виключає їх самочинне зміщення.

1. Технічна характеристика ТБК ДН [4].

Показник	За даними випробувань ТБК ДН
Габаритні розміри батареї, мм:	
- довжина	119490
- ширина	1540
- висота	7325
Габаритні розміри клітки, мм:	
- ширина	770
- глибина	575
- висота	400
Нахил підніжної решітки, град.	7
Розмір вічок підніжної решітки, мм	25×50
Діаметр дроту, мм	2,2
Бункер зберігання кормів:	
- тип	Циліндричний
- об'єм, м ³	21,9×2 шт.
Транспортер завантаження корму:	
- тип робочого органу	Спіральний
- діаметр труби, мм	90
Система кормороздачі:	
- тип;	Мобільний роздавач
- швидкість руху мобільного кормороздавача, м/хв	11,5
Система напування:	Ніпельна з краплеуловлювачами
- тип	
Система прибирання посліду:	
- тип	Стрічковий
- швидкість переміщення транспортерів, м/хв:	
- поздовжнього	7,9
- поперечного і похилого	38,0
Система яйцезбору:	
- тип транспортера	Стрічковий Прутковий
- швидкість переміщення транспортера, м/хв:	
- поздовжнього	2,3
- поперечного і поздовжнього	5,5

Монтаж обладнання проводила спеціалізована бригада з шістнадцяти чоловік упродовж одного місяця. Питома трудомісткість мо-

нтажу обладнання становить 0,027 люд.-год на одне птахомісце. Враховуючи складність роботи, її новизну і високу швидкість монтажних робіт, цей показник свідчить про неймовірно високі технічний рівень виготовлення елементів обладнання та організацію виробництва і монтажу. Технічна характеристика випробовуваного обладнання представлена в табл. 1. Умови експлуатації електрообладнання ТБК відповідають нормованим за ГОСТ 19348 значенням УХЛ-4 для закритого приміщення. Ступінь захисту електрообладнання від впливів навколишнього середовища – IP-54 [4].

Електрообладнання відповідає вимогам нормативних документів з електробезпеки. Номінальні параметри елементів електрообладнання відповідають режимам його роботи.

Енергетичні показники роботи електрообладнання (без вентиляційної системи): встановлена потужність приводів по обладнанню становить – 43,06 кВт: системи завантаження корму – 0,75 кВт; системи кормороздавання в кліткових батареях (на кожній кліткової батареї застосовується три приводи по 0,55 кВт) – 11,55 кВт; системи прибирання посліду (на кожній кліткової батареї застосовується два приводи по 1,5 кВт) – 25,4 кВт; системи збору яєць (на кожній кліткової батареї застосовується два приводи по 0,37 кВт) – 5,36 кВт.

На підставі результатів сертифікаційних випробувань було встановлено, що показниками безпечності та ергономічності обладнання кліткове для утримання курей-несучок ТБК відповідає вимогам ГОСТ 12.2.042, ДСТУ EN 292-2-2001 та ДСТУ EN 60204-1:2004 [4].

Щодо умов утримання, птиця розміщується в кліткової батареї, де щільність посадки на підлогу пташника становить 121,61 гол./м². Зазначимо, що в холодний період року за такої щільності утримання птиці, немає необхідності в обігріві птиці. В пташнику застосована вентиляційна система, що забезпечує необхідний мікроклімат. Температура в приміщенні на період сертифікаційних випробувань становила 22,5 °С, вологість – 70 % [5]. Конструкція кліткової батареї ТБК ДН дозволяє раціонально розмістити поголів'я птиці та створити задовільні умови для його утримання. Питома площа підніжної решітки клітки становить 402,5 см²/гол.

Система напування птиці задовільно виконує технологічний процес подачі води в напувалки. Розбризкування та підтікання води в системі не спостерігалось. Напувалка розрахована на 7 голів, що відповідає нормативним значенням [7]. Напувалки розміщені між сусідніми клітками на висоті, доступній для птиці.

Лінія годівлі забезпечує задовільне виконання технологічного процесу приймання та роздавання сухого корму. Втрати корму під час його транспортування, заповнення годівниць та годівлі птиці відсутні. Питомий фронт годівлі становить 7,35 см/гол.

За результатами опитування власників обладнання: збереженістю поголів'я, що забезпечує обладнання, задоволені. Якість продукції висока, реалізовується також за межами України (в Аргентині).

Автоматизація всіх технологічних процесів в новітньому обладнанні значно зменшує вплив людського фактору на якість їх виконання. Тому можна стверджувати що, обладнання ТБК ДН виконує технологічний процес утримання курей-несучок в кліткових батареях прямоточного типу у приміщеннях з регульованим мікрокліматом на високому рівні.

Щодо аналізу експлуатаційно-технологічної оцінки: в обладнанні ТБК ДН може утримуватись 37937 гол. поголів'я курей-несучок. Питомі витрати електроенергії при використанні обладнання становлять 0,95 кВт·год/1000 шт. яєць за добу. Питомі витрати електроенергії по окремих системах вказаного обладнання приведено на рис. 5.

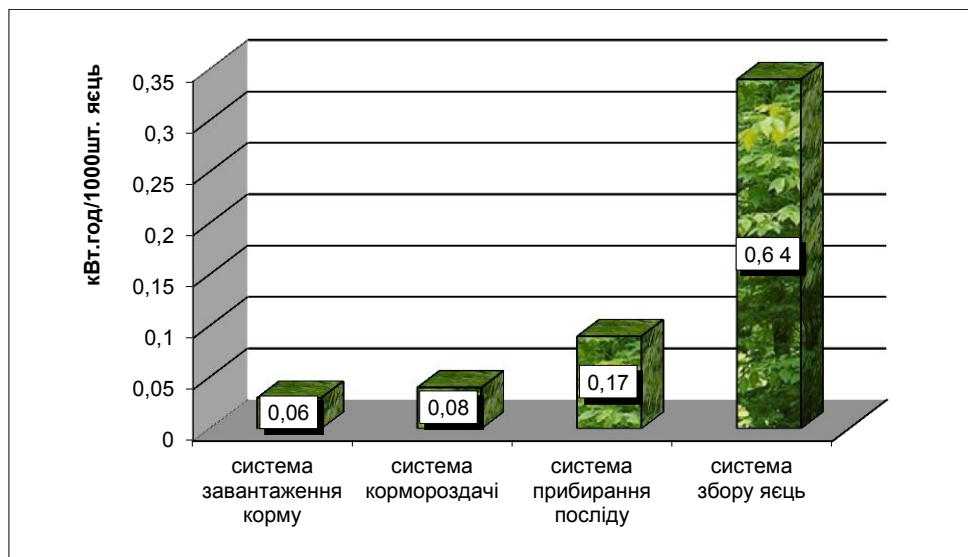


Рис. 5. Питомі витрати електроенергії в різних системах обладнання ТБК ДН.

Нажаль, ціна обладнання ТБК ДН – комерційна таємниця, тому економічну оцінку дати неможливо. Але можна стверджувати, що за рахунок високої щільності посадки птиці на підлогу пташника (високої продуктивності обладнання) економічні показники високі.

Переваги досліджуваного обладнання: високі продуктивність обладнання, технічний рівень та економічні показники; застосування автоматизованих систем управління технологічними процесами та системи транспортування і збору яєць.

Недолік: утримання великої кількості птиці вимагає бездоганної роботи і високої кваліфікації ветеринарної та зоотехнічної служби, оскільки невелика неточність під час обслуговування може призвести до великих втрат.

Висновки

Необхідно підкреслити сенсаційність цього кліткового обладнання для утримання курей в Україні, яке має 12 ярусів. Лише декілька європейських фірм осилили виробництво розробки такої складності, що вказує на високий світовий рівень українського виробника ТОВ «ВО Техна».

Обладнання ТБК ДН не потребує значних затрат праці на його технічне і технологічне обслуговування, оскільки всі технологічні процеси, включаючи створення мікроклімату, автоматизовано.

Низькі витрати електроенергії на утримання птиці. Питомі витрати електроенергії при використанні обладнання становлять 0,95 кВт·год/1000 шт. яєць за добу.

Обладнання має високу надійність. Питома трудомісткість монтажу обладнання становить 0,027 люд.-год на одне птахомісце.

ТБК ДН за технічними характеристиками та споживчими властивостями має високий технічний рівень на рівні кращих зарубіжних аналогів, забезпечує якісне виконання всіх технологічних процесів.

Обладнання кліткове для утримання курей-несучок ТБК ДН виробництва ТОВ «ВО Техна» дозволяє максимально раціонально використовувати об'єм виробничих приміщень, що без сумніву дає високі економічні показники.

Галузь птахівництва має гарні перспективи з причини відносно вигідного, в порівнянні з іншими видами тваринницької продукції, коефіцієнта конверсії корму та легкої відновлюваності поголів'я. Розвитку галузі також сприяє і низька забезпеченість білком тваринного походження у великій кількості населення планети.

Список літератури

1. *Internationale DLG-Fachausstellung für Tierhaltung und Management /EuroTier-Neuheiten-Magazin: 11-14 November 2008 Messegelände Hannover.* – Max-Eyth-Verlag Frankfurt, 2008. – S. 24.
2. *Звіт про результати відвідання міжнародної виставки “ЄвроТір 2008”/ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.* – Дослідницьке, 2008. – 34 с.
3. *Фисинин В. За и против клеточного содержания / В. Фисинин, А. Кавтарашвили // Тваринництво України.* – 2010. – № 10. – С. 6–8.
4. *Протокол сертифікаційних випробувань ТБК ДН № 01-04 С-2012.*
5. *ТУУ 29.3-31265014-002:2006 Обладнання кліткове для утримання курей-несучок ТБК.* – 34 с.
6. *Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу ТБК для АПК № 1759/1107-01-2013.* – 24 с.
7. *Птахівницькі підприємства. Відомчі норми технологічного проектування: ВНТП-АПК-04-05.* – [Чинний від 01.01. 2006 р.]. – К: Мінагрополітики України 2005. – 93 с.

Исследовано инновационное оборудование для содержания кур от отечественного производителя ТОВ «ВО Техна» указаны его недостатки и преимущества.

Автоматизация технологических процессов, двенадцатиярусная клеточная батарея, сетчатая платформа.

The innovative equipment for the maintenance of hens from domestic producer of TOV "VO Tekhna" is investigated its shortcomings and advantages are specified.

Automation of technological processes, twelve level cage battery, grid platform.

УДК 631.371:620.92

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБЕРТОВИХ МЕТАНТЕНКІВ

***С.М. Кухарець, кандидат технічних наук
Житомирський національний агроекологічний університет
В.Г. Спиридонов, доктор сільськогосподарських наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України***

Проведено перевірку основних положень та висновків аналітичних досліджень щодо обґрунтування енергетичних витрат на привід обертових реакторів для отримання біогазу в залежності від коефіцієнтів їх заповнення та занурення.

Біомаса, метантенк, біогаз, перемішування, ефективність.

Постановка проблеми. Підвищення енергетичної ефективності біогазових установок є одним із головних напрямків покращення технологічного процесу виробництва біогазу, а тому обґрунтування методів визначення питомої потужності та енергетичних параметрів експлуатації біогазових установок потребує постійного удосконалення. Експлуатація біогазових установок показала, що сприяння контакту анаеробних бактерій із біомасою субстрату забезпечується за рахунок перемішування субстрату, однак при цьому інтенсивного перемішування слід уникати, оскільки це може призвести до погіршення анаеробного зброджування за рахунок порушення симбіозу ацетогенних та метаногенних бактерій. На практиці компроміс досягається за рахунок повільного обертання мішалок або їх роботи

© С.М. Кухарець, В.Г. Спиридонов, 2015

упродовж короткого часу [1]. У той же час, досвід експлуатації реакторів біогазових установок показав, що практично неможливо усунути розшарування біомаси в реакторі на мінеральний осад та органічну плаваючу біомасу, що вказує на недоліки в роботі систем перемішування біомаси [2, 3].

Аналіз останніх досліджень. В результаті проведених наукових досліджень нами запатентовано ряд технічних рішень, які дозволяють у значній мірі усунути розшарування біомаси за рахунок забезпечення перемішування шарів біомаси із використанням занурених обертових біогазових реакторів. Визначено також рівень занурення обертового метантенка в рідину, а також коефіцієнт його заповнення в залежності від його геометричних параметрів та густини рідини, в яку занурений обертовий метантенк при забезпеченні його знаходження у завислому стані [4].

Потужність, що витрачається на подолання моменту опору в підшипниках залежить від рівня органічної біомаси в метантенку, його ваги, а також характеристик біогазу та біомаси [5, 6]. Потужність, що витрачається на перемішування біомаси залежить від характеристик біомаси (густини, вмісту сухої речовини, розміру частинок сухої речовини) та конструкційно-кінематичних характеристик метантенка (кутова швидкість, внутрішній радіус, довжина, геометричні розміри та розміщення лопаток, мішалок й перегородок всередині метантенка) [7, 8].

Мета досліджень. Перевірка основних положень та висновків аналітичних досліджень щодо обґрунтування енергетичних витрат на привід обертових реакторів для отримання біогазу в залежності від коефіцієнтів заповнення та занурення.

Результати досліджень. Експериментальне визначення впливу технологічних та конструкційних параметрів метантенка та параметрів субстрату на зміну споживання потужності при перемішуванні було проведено із використанням модельного біореактора (внутрішній радіус $R=0,2$ м, робоча довжина $L=0,6$ м), що був виготовлений в НУБіП України (рис. 1).

При проведенні досліджень метантенк встановлювався в зовнішній корпус (рис. 2), заповнювався субстратом у відповідності із встановленим діапазоном значень коефіцієнту заповнення k_3 від 0,8 до 1. Зовнішній корпус заповнювався водою на рівень, що відповідав встановленому діапазону коефіцієнту занурення k_{zn} від 0,8 до 1. Частота обертання приводного двигуна регулювалась за допомогою частотного перетворювача Hitachi 3G3JX A4075 EF, що дозволило отримати діапазон кутових швидкостей метантенка від 0,05 до 0,5 рад/с. Потужність споживана приводним двигуном визначалась за допомогою цифрового вимірювача DMK 30 та фіксувалась за до-

помогою спеціального програмного забезпечення на реєструючому пристрої (ноутбук на базі процесора Intel Core i5).

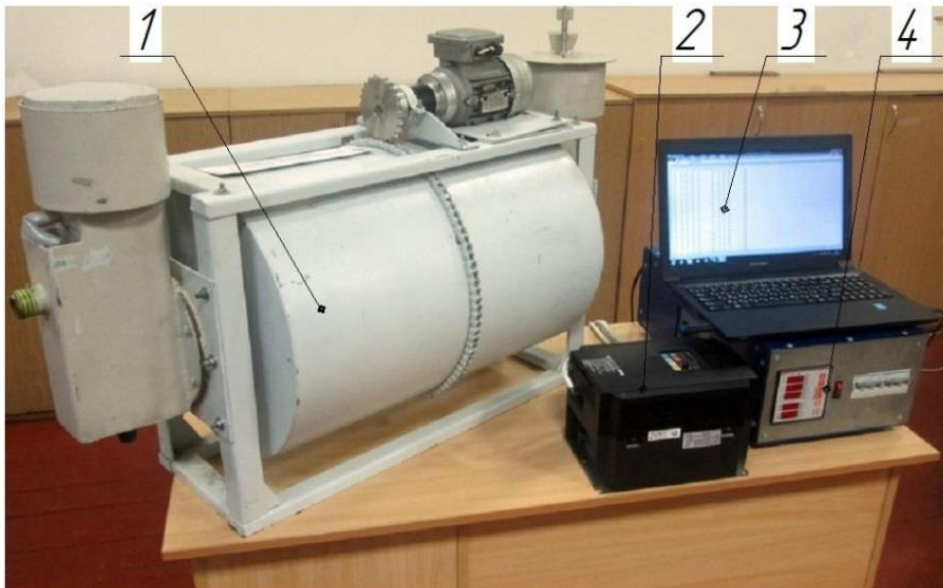


Рис. 1. Комплект обладнання для проведення для дослідження енергетичної ефективності перемішування субстрату (зовнішній корпус не показано): 1 – обертовий метантенк, 2 – частотний перетворювач, 3 – реєстратор, 4 – цифровий вимірювальний пристрій.



Рис. 2. Обертовий метантенк встановлено у зовнішній корпус.

Проведені дослідження впливу коефіцієнта заповнення k_3 на потужність $N_{\text{дв}}$, що споживається приводним двигуном дозволили, за допомогою регресивного аналізу результатів, отримати коефіцієнти відповідної емпіричної залежності (з рівнем довірчої імовірності (коефіцієнтом детермінації) – $R^2=0,9664$):

$$N_{\text{дв}} = 2179,2k_3^3 - 5538,5k_3^2 + 4649,5k_3 - 1278,1, \quad (1)$$

де: $N_{\partial e}$ – середня потужність двигуна на обертання метантенка, встановлена в результаті практичних досліджень, Вт; k_3 – коефіцієнт заповнення метантенка субстратом (біомасою).

Визначенні коефіцієнти регресії рівняння (1) дозволяють отримати графічну залежність (рис. 3).

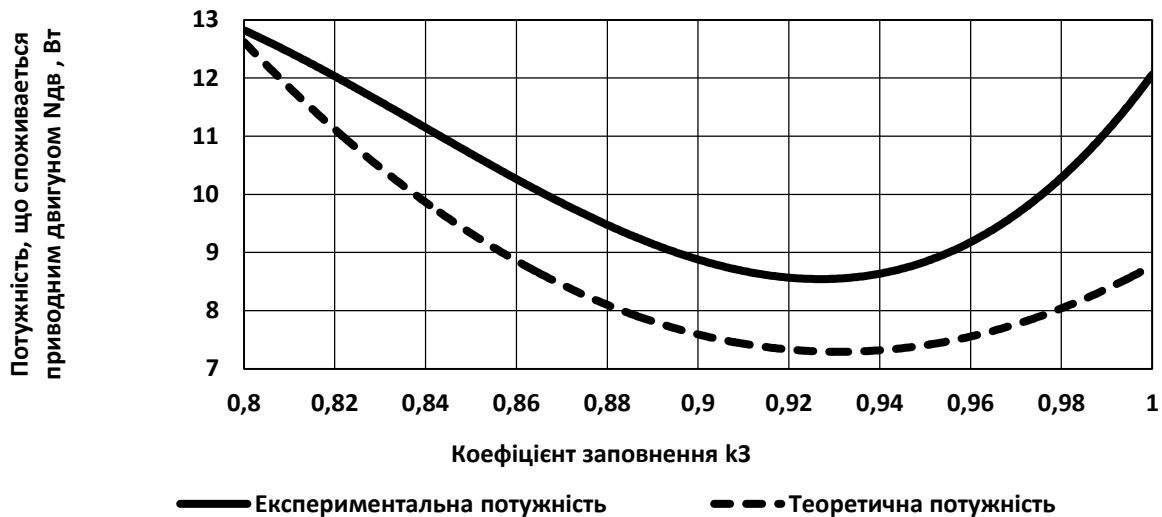


Рис. 3. Дослідна та теоретична залежності потужності електро-двигуна $N_{\partial e}$, для забезпечення обертання біореактора від коефіцієнту заповнення k_3 (внутрішній радіус $R=0,2$ м, робоча довжина $L=0,6$ м, кутова швидкість $\omega=0,11$ рад/с) при коефіцієнті занурення $k_{3H}=1$.

Аналіз графіка (рис. 3) на екстремуми дозволяє зробити висновок, що мінімальні енерговитрати $N_{\partial e}=8,4$ Вт забезпечуються із коефіцієнтом заповнення метантенку біомасою $k_3=0,93$, який відповідає проведеним модельним експериментам та теоретичним дослідженням. Розбіжність між графіками потужності, які отримані теоретичним та експериментальним шляхом, можна пояснити тим, що ККД підшипників насправді нижчий ніж це заявлено в їх характеристиці заводом виробником. Крім того деякий вплив має неоднорідність біомаси, що виливається в додаткові пульсації споживаної потужності при обертанні метантенка та збільшує середнє значення потужності на обертання метантенка.

Також, проведено дослідження впливу коефіцієнтів заповнення k_3 та занурення k_{3H} на питому потужність N_{Π} перемішування біомаси в реакторі, що дозволили, за допомогою регресивного аналізу результатів, отримати коефіцієнти відповідної емпіричної залежності:

$$n_{\Pi} = 806,5312 - 1588,2848k_3 + 313,9577k_{3H} + 971,9074k_3^2 - 579,0525k_3k_{3H} + 114,5044k_{3H}^2, \quad (2)$$

де: n_{Γ} – питома потужність перемішування біомаси в метантенку, Вт/м³; k_3 – коефіцієнт заповнення метантенка субстратом (біомасою); k_{3H} – коефіцієнт занурення метантенка.

Визначенні коефіцієнти регресії рівняння (2) дозволяють отримати графічну залежність (рис. 4).

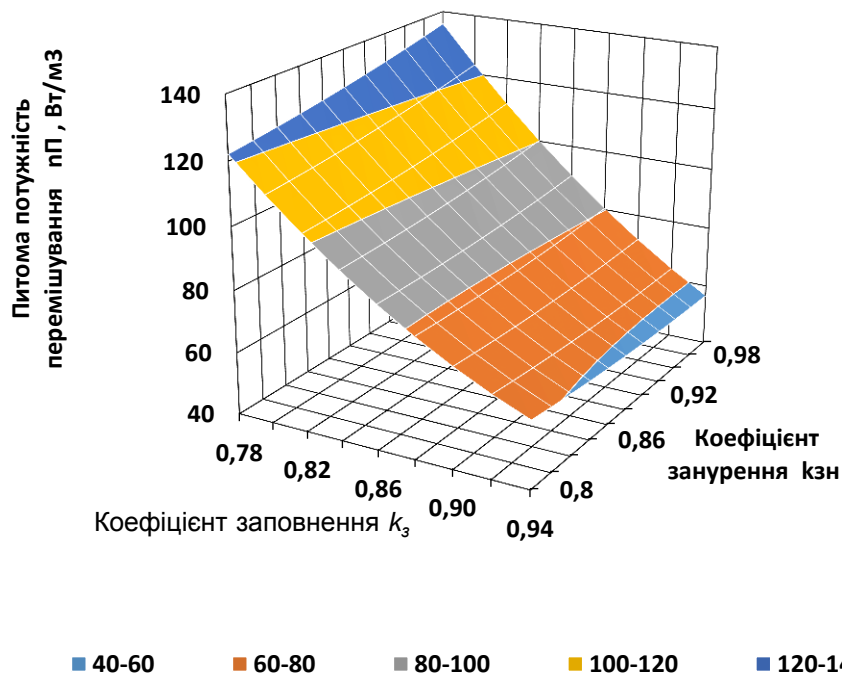


Рис. 4. Залежність питомої потужності n_{Γ} перемішування біомаси в реакторі від коефіцієнтів заповнення k_3 та занурення k_{3H} (внутрішній радіус $R=0,2$ м, робоча довжина $L=0,6$ м, кутова швидкість $\omega=0,11$ рад/с).

Аналіз графіка (рис. 4) дозволяє зробити висновок про те, що при значеннях коефіцієнта заповнення $k_3=k_{3opt}=0,93$ забезпечуються мінімальні питомі енерговитрати на перемішування субстрату (обертання метантенку). При цьому, спостерігається повне занурення метантенку у рідину, тобто коефіцієнт занурення $k_{3H}=1$.

Висновок. У результаті проведеного дослідження можна стверджувати, що заповнений на величину від 92 до 94 % обертовий реактор для отримання біогазу потребує мінімальної потужності для приводу при його зануренні у рідину на величину від 97 до 100 %. При цьому, питома потужність n_{Γ} приводного механізму в розрахунку на об'єм біомаси в реакторі лежатиме в межах 99,85...101,23 Вт/м³

Список літератури

1. *Руководство по биогазу. От получения до использования / Специальное агентство возобновляемых ресурсов (FNR). 5-е издание.* – Гюльцов: Германия, 2012. – 213 с.

2. Голуб Г.А. Технічне забезпечення виробництва біогазу / Г.А. Голуб, О.В. Дубровіна, Б.О. Рубан, В.О. Войтенко // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вінниця, 2012. – Вип. 10. – С. 17–19.
3. Голуб Г. Сучасні тенденції розвитку біогазових установок / Г. Голуб, В. Войтенко, Б. Рубан, В. Єрмоленко // Техніка і технології АПК. – 2012. – № 2 (29). – С. 18–21.
4. Голуб Г.А. Обґрунтування рівня занурення та коефіцієнта заповнення біомасою обертового метантенка / Г.А. Голуб, О.В. Дубровіна // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2012. – Вип. 170, ч. 2. – С. 55–61.
5. Кухарець С.М. Обґрунтування енергетичних витрат на привід обертового реактора біогазової установки / С.М. Кухарець, Г.А. Голуб // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України / ДНУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2014. – Вип. 18 (32), кн. 2. – С. 356–365.
6. Голуб Г. Особливості конструкції модульної біогазової установки з обертовим реактором / Г. Голуб, С. Кухарець, Б. Рубан // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 9 (60). – С. 10–14.
7. *Технологія* переробки біологічних відходів у біогазових установках з обертовими реакторами / [Г.А. Голуб, О.В. Сидорчук, С.М. Кухарець та ін.; за ред. Г.А. Голуба]. – К.: НУБіП України, 2014. – 106 с.
8. Кухарець С.М. Сировинна база та ефективність виробництва біогазу / С.М. Кухарець, Г.А. Голуб // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2012. – Вип. 212, ч. 1. – С. 11–21.

Проведена перевірка основних положень і висновків аналітичних досліджень по обґрунтуванню енергетичних затрат на привід вращающихся реакторов для получения биогаза в зависимости от коэффициентов их заполнения и погружения..

Биомасса, метантенк, биогаз, перемешивание, эффективность.

An inspection of the main provisions of conclusions and analytical research on the study of energy expenditure to drive the rotating reactor to produce biogas, depending on the filling factor and dive.

Biomass, methane tanks, biogas, mixing, efficiency.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЧАСТИНОК БІОМАСИ ПІД ЧАС ОБЕРТАННЯ МЕТАНТЕНКА

*Г.А. Голуб, доктор технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України*

*С.М. Кухарець, кандидат технічних наук
Житомирський національний агроекологічний університет*

Розроблено математичну модель для визначення параметрів руху частинок біомаси в обертовому метантенку, яка дозволяє встановити раціональні значення кутової швидкості метантенка та його конструктивні параметри.

Біомаса, метантенк, біогаз, перемішування, рух частинки.

Постановка проблеми. Експлуатація біогазових установок показала, що сприяння контакту анаеробних бактерій із біомасою субстрату забезпечується за рахунок перемішування субстрату, однак при цьому інтенсивного перемішування слід уникати, оскільки це може призвести до погіршення анаеробного зброджування за рахунок порушення симбіозу ацетогенних та метаногенних бактерій. На практиці компроміс досягається за рахунок повільного обертання мішалок або їх роботи упродовж короткого часу [1]. У той же час, досвід експлуатації реакторів біогазових установок показав, що практично неможливо усунути розшарування біомаси в реакторі на мінеральний осад та органічну плаваючу біомасу, що вказує на недоліки в роботі систем перемішування біомаси [2, 3].

Підвищення ефективності роботи біогазових установок є одним із головних напрямків покращення технологічного процесу виробництва біогазу, а тому обґрунтування методів визначення параметрів руху частинок біомаси в обертовому метантенку, які дозволять встановити раціональні значення кутової швидкості метантенка та його конструктивні параметри потребує подальшого удосконалення.

Аналіз останніх досліджень. У результаті проведених наукових досліджень нами запатентовано ряд технічних рішень, які дозволяють у значній мірі усунути розшарування біомаси за рахунок забезпечення перемішування шарів біомаси із використанням занурених обертових біогазових реакторів. Визначено також рівень занурення обертового метантенка в рідину, а також коефіцієнт його заповнення в залежності від його геометричних параметрів та густини рідини, в яку занурений обертовий метантенк при забезпеченні його знаходження у завислому стані [4].

© Г.А. Голуб, С.М. Кухарець, 2015

Встановлено також, що потужність, що витрачається на подолання моменту опору в підшипниках залежить від рівня органічної біомаси в метантенку, його ваги, а також характеристик біогазу та біомаси [5, 6]. Потужність, що витрачається на перемішування біомаси залежить від характеристик біомаси (густини, вмісту сухої речовини, розміру частинок сухої речовини) та конструкційно-кінематичних характеристик метантенка (кутова швидкість, внутрішній радіус, довжина, геометричні розміри та розміщення лопаток, мішалок й перегородок всередині метантенка) [7, 8].

Однак, для недопущення розшарування біомаси та забезпечення її перемішування шляхом підняття мінеральної складової біомаси, яка накопичується в нижній частині метантенка та занурення органічної складової біомаси, яка накопичується в верхній частині метантенка, необхідно знати параметри та траєкторії руху мінеральних та органічних частинок біомаси по перемішувальних лопатках та в об'ємі обертового метантенка.

Мета досліджень. Теоретично встановити параметри та траєкторії руху мінеральних та органічних частинок біомаси по перемішувальних лопатках та в об'ємі метантенка в процесі його обертання.

Результати досліджень. Розрахункова схема дії сил на мінеральну (а) та органічну (б) частинки субстрату, що взаємодіють із перемішувальними лопатками обертового метантенка приведена на рис. 1: F_g – сила тяжіння, Н; F_a – сила Архімеда, Н; F_m – сила тертя, Н; F_k – коріолісова сила інерції, Н; F_e – відцентрова сила інерції, Н; F_{no} – сила опору субстрату, яка протидіє руху частинки у радіальному напрямку, Н; F_{to} – сила, що притискує частинку до лопатки завдяки опору субстрату, Н; r – поточний радіус положення частинки субстрату, м; u_R – відносна швидкість органічної частинки під час руху по лопатці, м/с; R – внутрішній радіус метантенка, м; ωt – кут повороту метантенка, рад.

Для визначення відносної швидкості та встановлення траєкторії руху мінеральних частинок біомаси виходячи із рис. 1 (а) складено диференціальне рівняння руху мінеральної частинки субстрату у вигляді матеріальної точки по лопатці обертового метантенку. Із врахуванням діючих на мінеральну частинку сил, рівняння її руху по лопатці буде мати вигляд:

$$m \frac{dv_R}{dt} = F_e + F_m + F_{na} + F_{no} - F_{ng}, \quad (1)$$

де: F_e – відцентрова сила інерції частинки, Н; F_m – сила тертя частинки, Н; F_{na} – складова сили Архімеда, що діє вздовж лопатки на частинку, Н; F_{no} – сила опору субстрату, яка протидіє руху частинки в радіальному напрямку, Н; F_{ng} – складова сили тяжіння частинки, що діє вздовж лопатки, Н; u_R – відносна швидкість частинки під час руху по лопатці, м/с.

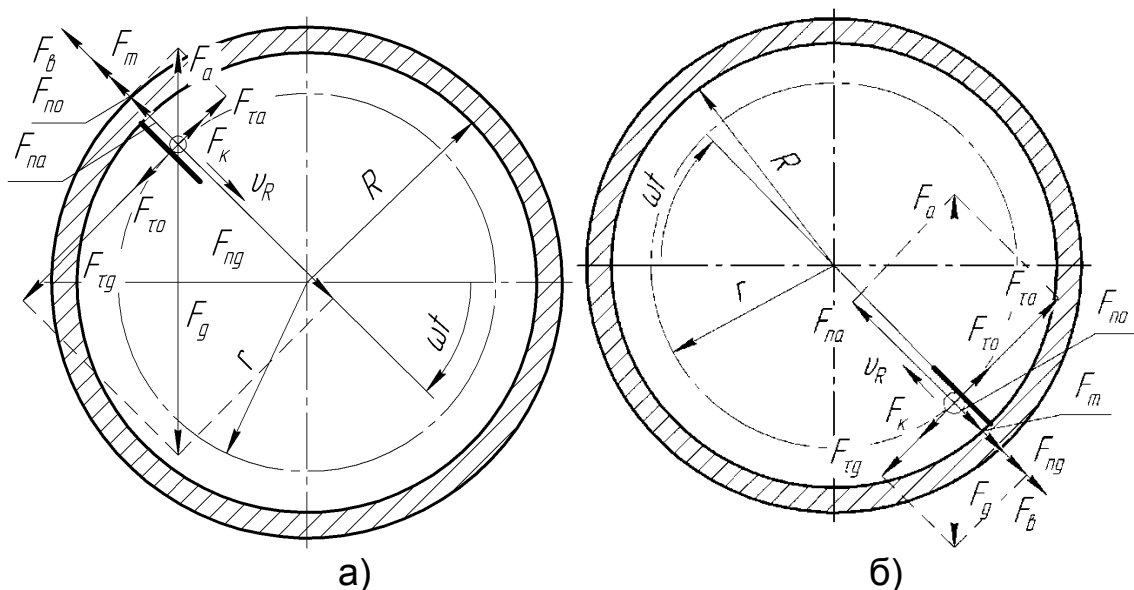


Рис. 1. Схема дії сил на мінеральну (а) та органічну (б) частинки субстрату, що взаємодіють із перемішувачими лопатками:

Сила тертя визначається силами, що притискують частину до лопатки:

$$F_m = f(F_{\tau o} + F_{\tau g} - F_{\tau a} - F_k), \quad (2)$$

де: $F_{\tau o}$ – сила, що притискує частинку до лопатки завдяки опору субстрату, Н; $F_{\tau g}$ – складова сили тяжіння частинки, що діє перпендикулярно до лопатки, Н; $F_{\tau a}$ – складова сила Архімеда для частинки, що діє перпендикулярно до лопатки, Н; F_k – коріолісова сила інерції частинки, Н; f – коефіцієнт тертя частини субстрату по матеріалу лопатки метантенка, відн. од.

Враховуючи, що:

$$F_b = m_c r \omega^2; F_g = m_c g; F_a = \rho_c g V_c; F_k = 2m_c \omega \frac{dr}{dt}; \quad (3)$$

$$F_{no} = m_c k_1 \frac{dr}{dt}; F_{\tau o} = m_c k_1 r \omega,$$

де: m_c – маса частинки, кг; ω – кутова швидкість обертання метантенка, s^{-1} ; r – поточний радіус положення частинки субстрату, м; g – прискорення земного тяжіння, m/s^2 ; V_c – об'єм частинки, m^3 ; k_1 – коефіцієнт пропорційності при ламінарному обтіканні частинок субстратом, s^{-1} ; $k_1 = 18\eta / (\rho_c d_E^2)$; k_2 – коефіцієнт співвідношення густини субстрату і частинки, $k_2 = \rho_c / \rho_c$; ρ_c – густина субстрату, kg/m^3 ; ρ_c – густина частинки, kg/m^3 ; η – динамічна в'язкість субстрату, Па с; d_E – еквівалентний діаметр частинки, м.

Із врахуванням (3) та (2) рівняння руху мінеральної частинки субстрату по поверхні лопатки обертового метантенка можна записати в наступному вигляді:

$$\begin{aligned} & \frac{d^2 r}{dt^2} + (2f\omega - k_1) \frac{dr}{dt} - (\omega^2 + fk_1\omega)r = \\ & = g \left[f(1 - k_2) \cos(\omega t) + (k_2 - 1) \sin(\omega t) \right]. \end{aligned} \quad (4)$$

Це рівняння є лінійним рівнянням другого порядку з постійними коефіцієнтами та правою частиною у вигляді тригонометричного поліному [9]. Відповідне до нього однорідне диференціальне рівняння буде мати вигляд:

$$\frac{d^2 r}{dt^2} + (2f\omega - k_1) \frac{dr}{dt} - (\omega^2 + fk_1\omega)r = 0. \quad (5)$$

Характеристичне рівняння цього однорідного диференціального рівняння буде мати вигляд:

$$\lambda^2 + (2f\omega - k_1)\lambda + (-\omega^2 - fk_1\omega) = 0. \quad (6)$$

Корені характеристичне рівняння матимуть вигляд:

$$\lambda_1 = \frac{k_1}{2} - f\omega - \sqrt{\omega^2(f^2 + 1) + \frac{k_1^2}{4}}; \quad \lambda_2 = \frac{k_1}{2} - f\omega + \sqrt{\omega^2(f^2 + 1) + \frac{k_1^2}{4}}. \quad (7)$$

Загальний розв'язок диференціального рівняння буде мати вид:

$$r = C_1 \exp(\lambda_1 t) + C_2 \exp(\lambda_2 t) + r_{CP}, \quad (8)$$

де: C_1, C_2 – постійні величини диференціального рівняння.

Частковий розв'язок неоднорідного диференціального рівняння запишемо у вигляді тригонометричного полінома:

$$r_{CP} = M \cos(\omega t) + N \sin(\omega t), \quad (9)$$

перша похідна якого має вигляд:

$$r'_{CP} = -M\omega \sin(\omega t) + N\omega \cos(\omega t), \quad (10)$$

а друга похідна відповідно наступний вигляд:

$$r''_{CP} = -M\omega^2 \cos(\omega t) - N\omega^2 \sin(\omega t). \quad (11)$$

Рівняння (4) представимо у вигляді:

$$\begin{aligned} & \left[-M\omega^2 \cos(\omega t) - N\omega^2 \sin(\omega t) \right] + (2f\omega - k_1) \times \\ & \times \left[-M\omega \sin(\omega t) + N\omega \cos(\omega t) \right] - (\omega^2 + fk_1\omega) \times \\ & \times \left[M \cos(\omega t) + N \sin(\omega t) \right] = gf(1 - k_2) \cos(\omega t) + g(k_2 - 1) \sin(\omega t). \end{aligned} \quad (12)$$

Для знаходження коефіцієнтів M і N на основі даного рівняння використаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} (-2\omega^2 - fk_1\omega)M + (2f\omega^2 - k_1\omega)N = gf(1 - k_2) \\ (-2f\omega^2 + k_1\omega)M + (-2\omega^2 - fk_1\omega)N = g(k_2 - 1). \end{cases} \quad (13)$$

Розв'язавши дану систему за методом Крамера [9]:

$$\Delta = \begin{vmatrix} -2\omega^2 - fk_1\omega & 2f\omega^2 - k_1\omega \\ -2f\omega^2 + k_1\omega & -2\omega^2 - fk_1\omega \end{vmatrix} = \omega^2 \left[4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2 (f^2 + 1) \right], \quad (14)$$

$$\Delta_M = \begin{vmatrix} gf(1-k_2) & 2f\omega^2 - k_1\omega \\ g(k_2-1) & -2\omega^2 - fk_1\omega \end{vmatrix} = \omega g k_1 (f^2 + 1)(k_2 - 1), \quad (15)$$

$$\Delta_N = \begin{vmatrix} -2\omega^2 - fk_1\omega & gf(1-k_2) \\ -2f\omega^2 + k_1\omega & g(k_2-1) \end{vmatrix} = 2\omega^2 g (f^2 + 1)(k_2 - 1), \quad (16)$$

отримаємо:

$$M = \frac{\Delta_M}{\Delta} = \frac{gk_1(f^2 + 1)(k_2 - 1)}{\omega \left[4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2 (f^2 + 1) \right]}, \quad (17)$$

$$N = \frac{\Delta_N}{\Delta} = \frac{2g(f^2 + 1)(k_2 - 1)}{4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2 (f^2 + 1)}. \quad (18)$$

Тоді частковий розв'язок неоднорідного диференційного рівняння руху частинки матиме вигляд:

$$r_{qp} = \frac{g(f^2 + 1)(k_2 - 1)}{4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2 (f^2 + 1)} \left(\frac{k_1}{\omega} \cos(\omega t) + 2 \sin(\omega t) \right). \quad (19)$$

Повний розв'язок неоднорідного диференційного рівняння руху частинки як сума загального (8) та часткового розв'язків (19) матиме вигляд:

$$r = C_1 \exp(\lambda_1 t) + C_2 \exp(\lambda_2 t) + \frac{g(f^2 + 1)(k_2 - 1)}{4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2 (f^2 + 1)} \left(\frac{k_1}{\omega} \cos(\omega t) + 2 \sin(\omega t) \right). \quad (20)$$

Відносна швидкість мінеральної частинки під час руху по лопаці складе:

$$v_R = \frac{dr}{dt} = \lambda_1 C_1 \exp(\lambda_1 t) + \lambda_2 C_2 \exp(\lambda_2 t) + \frac{g(f^2 + 1)(k_2 - 1)}{4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2 (f^2 + 1)} (2\omega \cos(\omega t) - k_1 \sin(\omega t)). \quad (21)$$

Прийнявши, що $\frac{g(f^2 + 1)(k_2 - 1)}{4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2 (f^2 + 1)} = k_3$ та враховуючи поча-

ткові умови: $t=0$, $r=R$ (де R – внутрішній радіус метантенка), $u=U_{Rn}=0$, для знаходження постійних диференціювання C_1 та C_2 запишемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} C_1 + C_2 = R - \frac{k_1 k_3}{\omega} \\ \lambda_1 C_1 + \lambda_2 C_2 = -2\omega k_3. \end{cases} \quad (22)$$

Розв'яжемо дану систему методом Крамера:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ \lambda_1 & \lambda_2 \end{vmatrix} = \lambda_2 - \lambda_1; \quad (23)$$

$$\Delta_{C_1} = \begin{vmatrix} R - \frac{k_1 k_3}{\omega} & 1 \\ -2\omega k_3 & \lambda_2 \end{vmatrix} = \lambda_2 \left(R - \frac{k_1 k_3}{\omega} \right) + 2\omega k_3; \quad (24)$$

$$\Delta_{C_2} = \begin{vmatrix} 1 & R - \frac{k_1 k_3}{\omega} \\ \lambda_1 & -2\omega k_3 \end{vmatrix} = -2\omega k_3 - \lambda_1 \left(R - \frac{k_1 k_3}{\omega} \right); \quad (25)$$

$$C_1 = \frac{\Delta_{C_1}}{\Delta} = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \left[\left(R - \frac{k_1 k_3}{\omega} \right) + \frac{2\omega k_3}{\lambda_2} \right]; \quad (26)$$

$$C_2 = \frac{\Delta_{C_2}}{\Delta} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \left(\frac{k_1 k_3}{\omega} - \frac{2\omega k_3}{\lambda_1} - R \right). \quad (27)$$

Знаючи постійні інтегрування можна знайти відстань, що проходить мінеральна частинка по лопатці та встановити зміну швидкості її переміщення за встановлений проміжок часу.

Аналогічно, для визначення відносної швидкості та встановлення траєкторії руху органічних частинок біомаси виходячи із рис. 1 (б) складено диференційне рівняння руху органічної частинки субстрату у вигляді матеріальної точки по лопатці обертового метантенку. Із врахуванням діючих на органічну частинку сил, рівняння її руху по лопатці буде мати вигляд:

$$m \frac{dv_R}{dt} = F_{na} - F_e - F_m - F_{no} - F_{ng}. \quad (28)$$

Сила тертя визначається силами, що притискують частину до лопатки:

$$F_m = f (F_{\tau o} + F_{\tau a} - F_{\tau g} - F_{\kappa}). \quad (29)$$

Із врахуванням (28) та (29) рівняння руху органічної частинки субстрату по поверхні лопатки обертового метантенка можна записати в наступному вигляді:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 r}{dt^2} + (2f\omega - k_1) \frac{dr}{dt} - (\omega^2 + fk_1\omega)r = \\ = g [f(k_2 - 1)\cos(\omega t) + (1 - k_2)\sin(\omega t)]. \end{aligned} \quad (30)$$

Отримане рівняння є також лінійним рівнянням другого порядку з постійними коефіцієнтами та правою частиною у вигляді тригонометричного поліному, а відповідного і його розв'язок аналогічний вище наведеному розв'язку рівняння руху мінеральної частинки.

Частковий розв'язок рівняння (30) буде мати вигляд:

$$r_{\text{чп}} = \frac{g(f^2 + 1)(k_2 - 1)}{4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2(f^2 + 1)} \left(2\sin(\omega t) - \frac{k_1}{\omega} \cos(\omega t) \right). \quad (31)$$

Повний розв'язок неоднорідного диференційного рівняння (30), як сума загального та часткового розв'язків наступний:

$$r = C_1 \exp(\lambda_1 t) + C_2 \exp(\lambda_2 t) + \frac{g(f^2 + 1)(k_2 - 1)}{4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2(f^2 + 1)} \left(2\sin(\omega t) - \frac{k_1}{\omega} \cos(\omega t) \right). \quad (32)$$

Відносна швидкість органічної частинки під час руху по лопатці складе:

$$v_R = \frac{dr}{dt} = \lambda_1 C_1 \exp(\lambda_1 t) + \lambda_2 C_2 \exp(\lambda_2 t) + \frac{g(f^2 + 1)(k_2 - 1)}{4(\omega^2 f^2 + 1) + k_1^2(f^2 + 1)} (2\omega \cos(\omega t) + k_1 \sin(\omega t)). \quad (33)$$

Враховуючи початкові умови: $t=0$, $r=R$ (де R – внутрішній радіус метантенка), $v=U_{Rn}=0$, знайдемо постійні диференціювання C_1 та C_2 :

$$C_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \left[\left(R + \frac{k_1 k_3}{\omega} \right) + \frac{2\omega k_3}{\lambda_2} \right]; \quad (34)$$

$$C_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \left(-\frac{2\omega k_3}{\lambda_1} - R - \frac{k_1 k_3}{\omega} \right). \quad (35)$$

Знаючи постійні інтегрування за рівнянням (32) можна знайти відстань, що проходить органічна частинка по лопатці за встановлений проміжок часу. А за рівнянням (33) можна встановити зміну швидкості переміщення органічної частинки по лопатці за встановлений проміжок часу.

Розрахункова схема дії сил на мінеральну (а) та органічну (б) частинки субстрату, що перебувають у вільному русі в об'ємі обертового метантенка приведена на рис. 2. Для встановлення траєкторії руху мінеральних частинок біомаси виходячи із рис. 2 (а) складено диференційне рівняння руху мінеральних частинок субстрату після сходження із лопаток в об'ємі метантенка. Очевидно, що на мінеральні та органічні частинки субстрату, які рухаються всередині метантенку після сходження із лопаток діють такі сили:

$$F_g = m_q g; F_a = m_q k_2 g; F_o = m_q k_1 v. \quad (36)$$

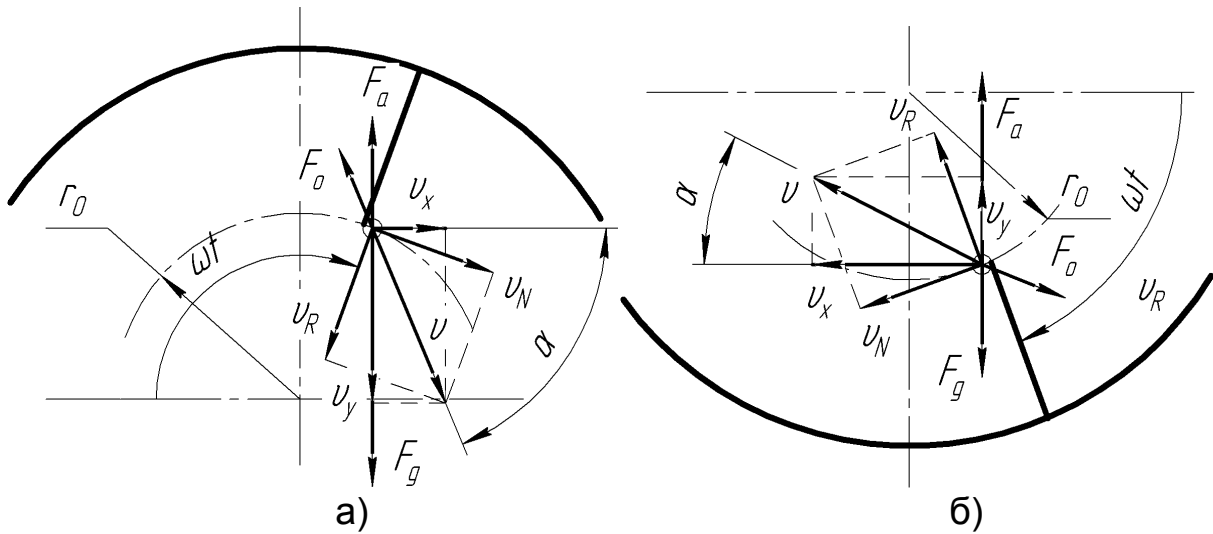


Рис. 2. Схема дії сил на мінеральну (а) та органічну (б) частинки субстрату, що перебувають у вільному русі в об'ємі обертового метантенка: F_g – сила тяжіння, Н; F_a – сила Архімеда, Н; F_o – сила опору субстрату, Н; r_0 – радіус на якому закінчуються лопатки, м; v – абсолютна швидкість частинки, м/с; v_R – відносна швидкість частинки під час сходження із лопатки, м/с; v_N – нормальна швидкість частинки під час сходження із лопатки, м/с; v_x – проекція абсолютної швидкості частинки на вісь x , м/с; v_y – проекція абсолютної швидкості частинки на вісь y , м/с; α – кут між абсолютною швидкістю та її проекцією на вісь x , рад; ωt – кут повороту метантенка при сходженні частинки із лопатки, рад.

Відповідно до рівнянь (36) та з урахуванням того, що мінеральна частинка буде тонути, побудовано рівняння руху центру маси такої частинки:

$$\begin{cases} \frac{d^2 x}{dt^2} = -k_1 v \cos \alpha \\ \frac{d^2 y}{dt^2} = g(k_2 - 1) + k_1 v \sin \alpha, \end{cases} \quad (37)$$

де: x – переміщення мінеральної частинки вздовж осі абсцис, м; y – переміщення мінеральної частинки вздовж осі ординат, м; t – час руху мінеральної частинки після сходження із лопатки метантенка, с.

Для встановлення траєкторії руху органічних частинок біомаси виходячи із рис. 2 (б) та з урахуванням того, що органічна частинка буде спливати, побудовано рівняння руху центру маси такої частинки:

$$\begin{cases} \frac{d^2x}{dt^2} = k_1 v \cos \alpha \\ \frac{d^2y}{dt^2} = g(k_2 - 1) - k_1 v \sin \alpha. \end{cases} \quad (38)$$

Для визначення траєкторій руху мінеральної та органічної частинок після сходження з лопаток метантенка використаний метод послідовного диференціювання [9, 10], який дає наближені розв'язки систем рівнянь (38) та (39) у вигляді степеневого ряду Тейлора.

Враховуючи початкові умови, що відповідають абсолютній швидкості в момент сходження частинки біомаси із лопатки $u=u_0$, кутів між абсолютною швидкістю та її проекцією на вісь в цей момент $\alpha=\alpha_0$, та прийнявши $x_0=0$, $y_0=0$, запишемо:

- для мінеральної частинки:

$$\begin{cases} x = \frac{v_0 \cos \alpha_0}{k_1} [1 - \exp(-k_1 t)] \\ y = \frac{v_0 \sin \alpha_0}{k_1} [\exp(-k_1 t) - 1] + \frac{g(1 - k_2)}{k_1^2} [1 - k_1 t - \exp(-k_1 t)]; \end{cases} \quad (39)$$

- для органічної частинки:

$$\begin{cases} x = \frac{v_0 \cos \alpha_0}{k_1} [\exp(-k_1 t) - 1] \\ y = \frac{v_0 \sin \alpha_0}{k_1} [1 - \exp(-k_1 t)] - \frac{g(1 - k_2)}{k_1^2} [1 - k_1 t - \exp(-k_1 t)]. \end{cases} \quad (40)$$

Згідно до отриманих систем рівнянь можна побудувати траєкторію руху мінеральної та органічної частинок після сходження з лопаток. На основі проведених розрахунків встановлено, що за середньої густини субстрату $\rho_c = 1025-1050 \text{ кг/м}^3$, густини мінеральної частини субстрату $\rho_M = 1150-1250 \text{ кг/м}^3$ та густини органічної частини субстрату $\rho_o = 800-900 \text{ кг/м}^3$, раціональні значення кутової швидкості метантенка становлять $\omega = 0,035-0,08 \text{ с}^{-1}$.

На основі знайдених рівнянь руху мінеральних та органічних частинок компонентів субстрату по лопатках метантенка та після сходження їх із лопаток знайдено траєкторії руху частинок всередині барабана (рис. 3).

За значень кутової швидкості та внутрішнього радіусу метантенка, прийнятих при розрахунку, а також довжині лопатки метантенка $l=(0,775-0,825)R$, мінеральні частинки будуть підійматися у верхню частину метантенка, після чого частинки будуть відокремлюватися від лопатки та рухатися вниз, а органічні частинки субстрату будуть занурюватися у нижню частину біореактора, після чого будуть відокремлюватися від лопатки та рухатися вгору, внаслідок цього буде

забезпечуватися рівномірне перемішування та взаємопроникнення складових субстрату.

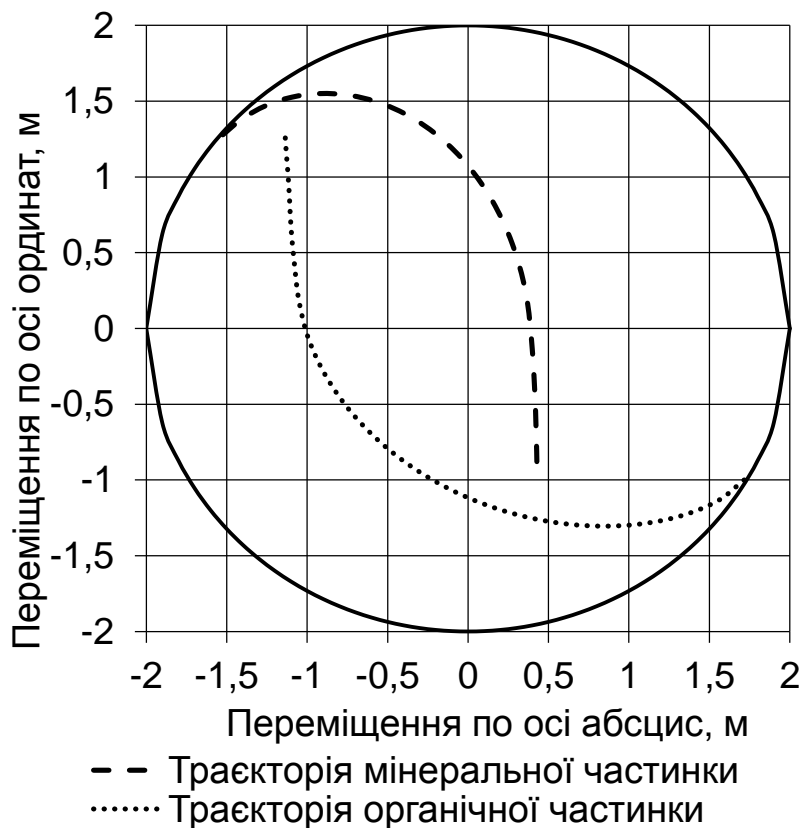


Рис. 3. Приклад розрахунку траєкторії руху частинок субстрату (кутова швидкість обертання метантенка $\omega=0,08$ рад/с, внутрішній радіус метантенка $R=2$ м).

Висновок. Розроблена математичну модель дозволяє встановити раціональні значення кутової швидкості обертового метантенка та його конструктивні параметри на основі визначення параметрів руху частинок біомаси по лопатках та в об'ємі метантенка. Встановлено також, що рівномірне перемішування та взаємопроникнення органічних та мінеральних складових субстрату забезпечується за раціональних значень кутової швидкості метантенка від $0,035$ до $0,08$ с^{-1} та довжині лопаток метантенка від $77,5$ до $82,5$ % його внутрішнього радіуса.

Список літератури

1. *Руководство по биогазу. От получения до использования / Специальное агентство возобновляемых ресурсов (FNR). 5-е издание. – Гюльцов: Германия, 2012. – 213 с.*
2. Голуб Г.А. Технічне забезпечення виробництва біогазу / Г.А. Голуб, О.В. Дубровіна, Б.О. Рубан, В.О. Войтенко // Збірник наукових праць Вінницько-

- го національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вінниця, 2012. – Вип. 10. – С. 17–19.
3. Голуб Г. Сучасні тенденції розвитку біогазових установок / Г. Голуб, В. Войтенко, Б. Рубан, В. Єрмоленко // Техніка і технології АПК. – 2012. – № 2 (29). – С. 18–21.
 4. Голуб Г.А. Обґрунтування рівня занурення та коефіцієнта заповнення біомасою обертового метантенка / Г.А. Голуб, О.В. Дубровіна // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2012. – Вип. 170, ч. 2. – С. 55–61.
 5. Кухарець С.М. Обґрунтування енергетичних витрат на привід обертового реактора біогазової установки / С.М. Кухарець, Г.А. Голуб // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України / ДНУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2014. – Вип. 18 (32), кн. 2. – С. 356–365.
 6. Голуб Г. Особливості конструкції модульної біогазової установки з обертовим реактором / Г. Голуб, С. Кухарець, Б. Рубан // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 9 (60). – С. 10–14.
 7. Технологія переробки біологічних відходів у біогазових установках з обертовими реакторами / [Г.А. Голуб, О.В. Сидорчук, С.М. Кухарець та ін.; за ред. Г.А. Голуба]. – К.: НУБіП України, 2014. – 106 с.
 8. Кухарець С.М. Сировинна база та ефективність виробництва біогазу / С.М. Кухарець, Г.А. Голуб // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2012. – Вип. 212, ч. 1. – С. 11–21.
 9. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – 13-е изд., испр. – М.: Наука, 1986. – 544 с.
 10. Голуб Г.А. Агропромислове виробництво їстівних грибів. Механіко-технологічні основи / Г.А. Голуб. – К.: Аграрна наука, 2007. – 332 с.

Разработана математическая модель для определения параметров движения частиц биомассы во вращающемся метантенке, которая позволяет установить рациональные значения угловой скорости метантенка и его конструктивные параметры.

Биомасса, метантенк, биогаз, перемешивания, движение частицы.

The mathematical model to determine the parameters of particle motion in a rotating biomass digesters, which allows establishing rational values of angular velocity digesters and its design parameters is developed.

Biomass, digesters, biogas, mixing, motion of particle.

СКРЕПЕРНА УСТАНОВКА З УДОСКОНАЛЕНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ ДЛЯ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ

Г.А. Голуб, доктор технічних наук

В.С. Хмельовський, М.І. Ікальчик, кандидати технічних наук

Наведені результати державних приймальних випробувань скреперної установки для прибирання гною з удосконаленим робочим органом.

Скреперна установка, гній, випробування, кут розкриття, кут нахилу, швидкість, якість.

Постановка проблеми. Розвиток і ефективність тваринництва зумовлюється рівнем впровадження у виробництво наукових розробок і передового досвіду, реалізації заходів, що забезпечують істотне підвищення продуктивності тварин та якості продукції. Визначальний вплив на собівартість продукції тваринництва має його техніко-технологічне забезпечення. Одним із питань, яке залишається не вирішеним у повній мірі є якісне прибирання гною із тваринницьких приміщень та його ефективна утилізація без забруднення навколишнього середовища. У зв'язку з цим удосконалення існуючого обладнання для видалення гною є актуальним для тваринницької галузі.

Аналіз останніх досліджень. Досліджуючи механізм розкриття скребків штангових конвеєрів Колде О.Ф. встановив, що тривалість розвороту скребка на холостому ході залежить від вихідного кута установки скребка [1]. В 2010 році були проведені державні приймальні випробування скреперних установок для прибирання гною УС-80, УС-100 та УС-120 в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого [2]. Вплив зміни параметрів клина на енергозатрати ґрунтообробних машин досліджував Жук А.Ф. [3]. Було встановлено, що використання обтічних форм робочих елементів ґрунтообробних знарядь запобігає появі зон з ґрунтовим наростом та приводить до зменшення тягового опору робочого органу. Однак використання таких обтічних форм робочих органів скреперних установок для видалення гною досліджено та використовується не в повній мірі.

Мета досліджень. Встановити вплив удосконаленого робочого органу скреперної установки на якість прибирання гною та енерговитрати на виконання технологічного процесу, а також доцільність застосування даного типу обладнання в серійних установках.

Результати досліджень. В період з 17.11.2014 р. по 30.11.2014 р. Державною науковою установою «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва» імені Леоніда Погорілого (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого) були проведені державні приймальні випробування скреперної установки для прибирання гною з удосконаленим робочим органом. Випробування проводились на базі навчально-науково-виробничого підрозділу ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут» (м. Ніжин Чернігівської області). Скреперна установка для прибирання гною з удосконаленим робочим органом (далі – скреперна установка) призначена для прибирання гною великої рогатої худоби з поздовжніх гнойових каналів та його транспортування до поперечного транспортера за безприв'язно-боксового і комбібоксового утримання корів. Удосконалений скрепер був змонтований на серійній скреперній установці УСГ-3. Робочий орган відрізнявся за конструкцією, а саме: формою скребка, кутом розкриття скрепера, кутом нахилу скребків скрепера та швидкістю руху скрепера.

До складу установки входили: приводна станція, скребки з повзунами, жолоби для повзунів, круглоланковий ланцюг, поворотні ролики та пульт керування. Приводна станція встановлювалася в кінці поздовжньої сторони контуру транспортера за поперечним каналом для видалення гною. Натягування ланцюга здійснювалося в гнойовому каналі на повзунах скребків.

Скребки (лівий та правий) у поєднанні створюють V-подібний профіль. Обладнання, що випробовувалося відрізнялося від серійного конструкцією скребків. Кут розкриття скрепера становив 120° , кут нахилу скребків – 55° , конструкція скребків скрепера (рис. 1) не прямокутна, а параболічна [4]. Зміна конструкції скрепера захищена патентом України [5].

Скреперна установка очищає гнойовий канал і транспортує гній до похилого конвеєра. Далі гній надходить з використанням похилого конвеєра в транспортний засіб.

Повзуни скреперної установки призначені для кріплення і пересування скребків та забезпечують їх рух у зворотно-поступальному напрямку у напрямних жолобах. Жолоби характеризуються коритоподібним профілем і забезпечують рух повзунів лише по центру гнойового каналу. Установка комплектується чотирма поворотними роликами, які закриті кожухами.

Випробування проводилися на дослідній фермі навчального господарства із безприв'язним утриманням 65 дійних корів.

Скреперна установка функціонує з циклічністю, що встановлюється і контролюється блоком керування. Кожний цикл складається з

двох періодів: робочий, коли здійснюється прибирання гною з гнойового каналу, і зворотний, коли скребки складаються і повертаються в початкове положення. Тривалість циклу залежить від довжини тваринницького приміщення. Повне прибирання гною з гнойового каналу здійснюється за два цикли.

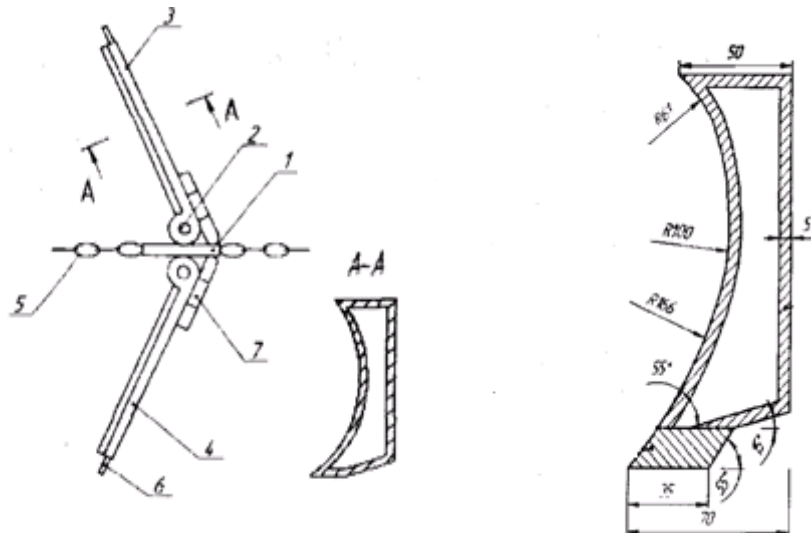


Рис. 1. Загальна схема скреперного пристрою для прибирання гною: 1 – повзун; 2 – поворотний пристрій; 3, 4 – скребок; 5 – ланцюг; 6 – гумовий чистик; 7 – упор.

Показники якості виконання технологічного процесу визначали згідно з СОУ 74.3-37-274. Під час оцінки якості виконання технологічного процесу враховували фізико-механічні властивості гною, визначали повноту прибирання (рис. 2), продуктивність вдосконаленої скреперної установки, встановлену споживану і питому потужність обладнання в умовах функціонування за двома режимами роботи з швидкістю руху скрепера 5,6 та 9,0 м/хв., які були забезпечені з використанням кіловатметра «Lovato elektrik DMK 40» та персонального комп'ютера HP Pavilion dv6000 з програмним продуктом DMK Remote Control.

Оскільки обладнання змонтоване на серійній скреперній установці, оцінювання безпеки та ергономічності його конструкції не проводили. Проведеними випробуваннями встановлено працездатність дослідного зразка скреперної установки з удосконаленим робочим органом для прибирання гною за змінної швидкості руху скрепера – 5,6 та 9,0 м/с. Зменшення кута нахилу робочої поверхні скребоків до 55° дає змогу пласту гною наповзати на скребок та притискати його до дна гнойового каналу. Дослідна скреперна установка має скребки у вигляді відвала, що унеможливорює перевалювання гнойової маси через скребок. Використання удосконаленого робочого органу пок-

ращує якість прибирання гною до 94–97%. Менший кут розкриття скребків (120° проти 180° у серійному обладнанні) не допускає їх перекошування під час прибирання гною через нерівномірне його розподілення за шириною каналу.



Рис. 2. Скреперна установка в роботі.

За результатами проведеної енергетичної оцінки встановлено, що споживана потужність скреперної установки з удосконаленим робочим органом отримана на рівні середнього значення даного показника у серійних скреперних установках. Скреперна установка з удосконаленим робочим органом задовільно виконує технологічний процес видалення гною з приміщення при безприв'язно-боксовому утриманні корів [6].

Висновок. Проведені випробування скреперної установки з удосконаленим робочим органом свідчать про доцільність її використання для модернізації та удосконалення існуючих скреперних установок, що сприятиме покращенню якості прибирання гною з тваринницьких приміщень.

Список літератури

1. Колде О.Ф. Исследование рабочего процесса штангового транспортера для уборки навоза в коровнике: автореф. дисс. на стиск. учен. степени канд. техн. наук : 05.20.01 "Механизация сельскохозяйственного производства" / О.Ф. Колде // Центральный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства нечерноземной зоны СССР. – Минск, 1981. – 16 с.
2. Установки скреперні для прибирання гною УС-80, УС-100 та УС-120 : Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК №1314/1103-01-2010 / УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2010. – 14 с.

3. Жук А.Ф. Исследование почвообрабатывающего клина с почвенным наростом / А.Ф. Жук // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2013 – Вип. 97, т.1. – С. 148–161.
4. Пилипака С.Ф. Розрахунок похилої поверхні скребка гноєприбиральної установки / С.Ф. Пилипака, Г.А. Голуб, В.С. Хмельовський, М.І. Ікальчик / Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2013. – Вип. 132. – С. 404–410.
5. Патент на корисну модель 82787 МПК А01К 1/01. Ікальчик М.І., Голуб Г.А., Шаблій М.Є., Хмельовський В.С. Скреперний пристрій для прибирання гною: Україна. – Заявка № u 2013 01462; заявлено 07.02.2013; опубліковано 12.08.2013. Бюл. № 15. – 4 с.
6. Скреперна установка для прибирання гною з удосконаленням робочим органом: Протокол державних приймальних випробувань дослідного зразка №01-36-2014 / УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2014. – 11 с.

Приведены результаты государственных приемочных испытаний скреперной установки для уборки навоза с усовершенствованным рабочим органом.

Скреперная установка, навоз, испытания, угол раскрытия, угол наклона, скорость, качество, целесообразность.

The results of state acceptance trials scraper installation manure with improved working body.

Scraper installation, manure, testing, opening angle, angle, speed, quality and appropriateness.

УДК 631.171.075.4

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПОМИЛОК ПРИ СПОРУДЖЕННІ САМОПЛИВНОЇ СИСТЕМИ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ НА СВИНОКОМПЛЕКСАХ

***Н.І. Болтянська, кандидат технічних наук
Таврійський державний агротехнологічний університет***

Розглянуто основні помилки при спорудженні самопливної системи видалення гною періодичної дії під час будівництва сучасних і реконструкції старих свинокомплексів, зокрема порушення правильної геометрії і глибини ванн, помилки при прокладанні самоспливної труби, будівництві приймального резервуару каналізаційної насосної станції і її оснащення.

Виробництво сільськогосподарської продукції, видалення гною, самопливна система періодичної дії, свинокомплекс,

© Н.І. Болтянська, 2015

геометрія ванни, глибина ванни, самосплавна труба, каналізаційної насосної станція, приймальний резервуар.

Постановка проблеми. Україна має значний природний потенціал, завдяки чому здатна не лише забезпечити власні потреби в основних продуктах харчування рослинного і тваринного походження, але і стати експортером високоякісної, конкурентоспроможної, біологічно чистої продукції [1–3].

Своєчасне прибирання тваринницьких приміщень та видалення гною, ефективне використання його – одна з важливих народногосподарських проблем, значення якої зростає залежно від укрупнення ферм, удосконалення їх технічного оснащення, підвищення вимог до санітарно-гігієнічних умов утримання тварин, а також до якості продукції, що виробляється.

Проблему прибирання та утилізації гною розглядають, враховуючи такі питання: забезпечення фізіологічного комфорту для утримання тварин, захист навколишнього середовища, використання гною, в першу чергу, як органічного добрива.

Ця проблема охоплює три складних завдання: прибирання тваринницьких приміщень і видалення гною в сховища; складування, знезараження та зберігання; його використання.

При будівництві сучасних і реконструкції старих свинокомплексів завжди встає величезна кількість питань, і на жаль, практика показує, що проблеми, пов'язані з видаленням і переробкою гною, вирішуються в останню чергу.

Тим часом найголовнішою помилкою є те, що цією проблемою необхідно задаватися перед початком проектних робіт, інакше не уникнути затримки з введенням комплексу в експлуатацію, збільшення капітальних і поточних витрат на утилізацію гною, що зрештою приведе до зростання собівартості основної продукції - м'яса.

Аналіз останніх досліджень. Основні вимоги до технології і засобів для видалення, зберігання, переробки та використання гною визначені нормативно-технічними документами на проектування таких систем, а також ветеринарно-санітарними і гігієнічними вимогами щодо обладнання технологічних ліній прибирання, обробки, знезараження та утилізації гною на тваринницьких фермах і комплексах.

При проектуванні систем прибирання, видалення, обробки та використання гною слід враховувати прогресивні технології і дотримуватися умов, які забезпечують:

- повне використання всіх видів гною та його складових як добрива для сільськогосподарських угідь або сировини для виробництва комплексних органо-мінеральних добрив чи для інших виробничих потреб;

- виконання ветеринарних і санітарно-гігієнічних вимог експлуатації тваринницьких підприємств при мінімальних витратах води, а також вимог законодавства щодо охорони навколишнього середовища;

- підвищення рівня механізації та автоматизації виробничих процесів.

Систему та способи видалення гною вибирають залежно від виробничого напрямку, потужності тваринницького підприємства, місця його розміщення, технології утримання і годівлі тварин, наявності водних та енергетичних ресурсів тощо. Важливе значення для створення умов нормальної експлуатації тваринницьких приміщень взагалі і видалення з них гною, зокрема, має конструктивно-технічне рішення стійл, чи станків для тварин, а також вибір засобів механізації прибирання та видалення гною.

Тому **метою даних досліджень** є: розглянути основні помилки при спорудженні самопливної системи видалення гною періодичної дії під час будівництва сучасних і реконструкції старих свинокомплексів, зокрема порушення правильної геометрії і глибини ванн, помилки при прокладанні самосплавної труби, будівництві приймального резервуару каналізаційної насосної станції і її оснащення.

Результати досліджень. Нині на більшості свинокомплексів, що будуються і реконструюються, використовується самопливна система гноєвидалення періодичної дії. При цій системі накопичення гною відбувається під щілинними підлогами в спеціальних каналах, розділених перегородками на ванни.

Основною помилкою при будівництві ванн є порушення їх правильної геометрії і глибини. Перед проектуванням ванн необхідно точно розрахувати їх розміри для різних груп тварин, оскільки гній у них неоднаковий по складу – варіюється концентрація сухих речовин і вологість.

У випадку якщо геометрія ванни виконана неправильно - наприклад зроблений ухил дна ванни у бік горловини зливної труби, що само по собі є неприпустимим; не виконаний спеціальний приямок (рис. 1) у вигляді сходинки (рис. 2) перед зливною горловиною і ін., то при експлуатації ванн виникає ряд проблем:

- при скиданні гною з ванн не відбувається або не повністю відбувається їх спустошення, внаслідок чого виникають додаткові витрати води і трудовитрати на очищення ванн;

- спостерігається підвищений рівень виділення газів з ванн (аміак, метан, сірководень, вуглекислота і ін.), що негативно позначається не лише на якості повітря усередині свинарника, але і на здоров'я тварин, а отже, на приростах.



Рис. 1. Неправильний приямок.



Рис. 2. Правильний приямок з ухилом і з сходиною.

Дуже важливо не лише дотримуватися правильної геометрії ванн при будівництві, але і правильно їх експлуатувати. При першому запуску ванни експлуатуючий персонал дуже часто не виконує інструкції технологів і не заповнює ванни на 10...15 см водою. Це призводить до того, що перший гній, що впав на дно ванни, висихає, виділяє газу і при спуску ванни не видаляється, навіть якщо геометрія ванни бездоганна. Якщо рівень води у ванні нижчий за норму (наприклад 5 см), то гній не буде покритий водою і верхній шар його сохнеться, викликаючи знову ж таки усі вище перелічені проблеми.

У тому випадку, якщо ванна експлуатується правильно і після кожного спуску наповнюється на 10...15 см водою, то гній, що потрапляє в неї, падає на дно і повністю покривається водою, внаслідок чого не виділяються газу і пахощі. Через деякий час тверді складові гною (неперетравлені залишки їжі, грубі частки корму і тому подібне) починають виділятися із загальної маси і спливати, тим самим у ванні утворюється килим-кірка, яка не дозволяє виділятися газам, а новий гній, падаючи у ванну, безперешкодно проникає через цю плаваючу кірку.

У тому випадку, якщо геометрія ванн виконана неправильно або вони неналежно експлуатуються, то для повного видалення

гною з ванн його необхідно перемішувати. Для цього використовуються спеціальні мобільні мішалки (рис. 3), якими можна перемішувати гній у ваннах, не піднімаючи при цьому щілинні підлоги.



Рис. 3. Мішалки для перемішування гною у ваннах.

Після спуску гною з ванни він йде по самопливних трубах до колектора в каналізаційну насосну станцію (КНС) або в цех розділення. В цьому випадку необхідно використовувати труби діаметром від 250 до 350 мм залежно від заповнення. Труби з меншим діаметром замулюються, що призводить до неповного видалення гною з ванн. При прокладенні самосплавної труби дуже важливо дотримати її ухил – він повинен складати від 2 до 5%. При більшому ухилі рідка складова гною віддаляється швидше, а тверда видаляється повільніше, засмічуючи трубу. Якщо ухил буде менше 2...5%, то не забезпечуватиметься незамулююча швидкість течії в трубі і гній, розширюючись в трубі в процесі зливу, засмічуватиме її. У тому випадку, коли свинокомплекс розташовується на місцевості, що має істотний ухил, колектор виконується зі сходинок по 45° (рис. 4). Помилкою ж в даному випадку є виконання загального ухилу колектора згідно з рельєфом більше 5%, що приведе до того, що система гноєвидалення просто не працюватиме.

При прокладенні самосплавної труби допускаються повороти не більше 30...45°, а в кутах повороту обов'язково мають бути встановлені спеціальні упори щоб уникнути ушкодження труб при гідродарах. Самосплавна труба, що виходить зі свинокомплексу, повинна підводитися до приймального резервуару КНС або цеху розділення вище максимального рівня заповнення цього резервуару. Якщо максимальний рівень заповнення резервуару вищий за рівень підведення труби, то при заповненні резервуару гній потрапляє в трубу коле-

ктора, розшаровується і осідає в ній. Оскільки труба колектора буде заповнена і засмічена, то при спуску ванни гній просто не видалитиметься з неї.

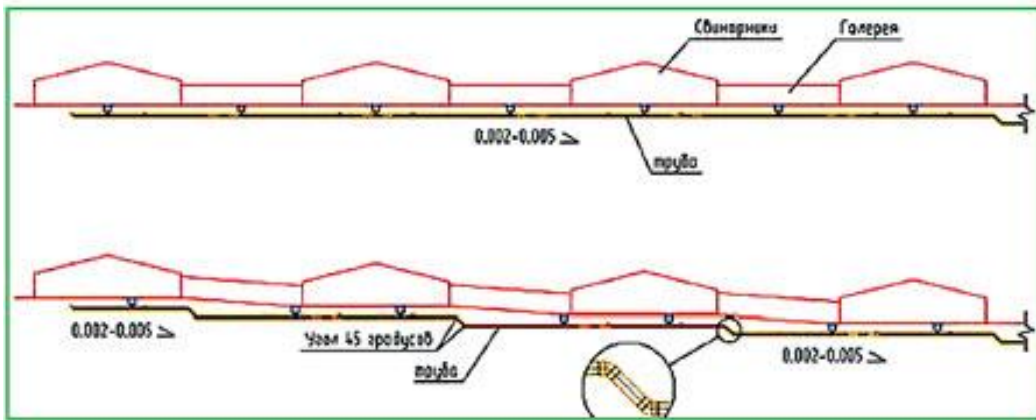


Рис. 4. Профіль самосплавної труби.

Найпоширенішою помилкою при будівництві приймального резервуару КНС або цеху розділення є неправильне його оснащення. Якщо діаметр приймального резервуару більше 2 м, то необхідно обладнати його стаціонарними мішалками (рис. 5), оскільки свинячий гній дуже швидко розшаровується: за 20 хвилин в осад випадає близько 80% твердих складових гною. Якщо гній не перемішувати, то резервуар швидко замулиться і буде потрібно додаткові витрати на його очищення.



Рис. 5. Мішалка.

Якщо діаметр приймального резервуару менше 2 м, то установка стаціонарних мішалок не вимагається, досить встановити погрузний насос з великим всмоктуючим отвором і подрібнюючим механізмом (рис. 6), що дозволяє відкачати усі тверді частки гною, що випали в осад. Якщо в КНС використовуються не спеціальні насоси для гною з різальними і подрібнюючими механізмами, то вони періодично виходять з ладу через часте засмічення робочого колеса. У

такому разі знову ж таки вимагаються значні витрати на часте очищення, ремонт або закупівлю нових насосів. Крім того, усі роботи по очищенню труб і резервуарів, ремонту насосів повинні проводитися в максимально стислі терміни (застій гною в корпусах недопустимий), а це вимагає відвернення значних трудових ресурсів і техніки від основної діяльності.



Рис. 6. Насос з подрібнюючим механізмом.

Висновок

При будівництві сучасних і реконструкції старих свинокомплексів завжди встає величезна кількість питань, і на жаль, практика показує, що проблеми, пов'язані з видаленням і переробкою гною, вирішуються в останню чергу.

Тим часом найголовнішою помилкою є те, що цією проблемою необхідно задаватися перед початком проектних робіт, інакше не уникнути затримки з введенням комплексу в експлуатацію, збільшення капітальних і поточних витрат на утилізацію гною, що зрештою приведе до зростання собівартості основної продукції - м'яса.

У випадку якщо геометрія ванни виконана неправильно - наприклад зроблений ухил дна ванни у бік горловини зливної труби, що само по собі є неприпустимим; не виконаний спеціальний приямок перед зливною горловиною і ін., то при експлуатації ванн виникає ряд проблем:

- при скиданні гною з ванн не відбувається або не повністю відбувається їх спустошення, внаслідок чого виникають додаткові витрати води і трудовитрати на очищення ванн;
- спостерігається підвищений рівень виділення газів з ванн (аміак, метан, сірководень, вуглекислота і ін.), що негативно позна-

чається не лише на якості повітря усередині свинарника, але і на здоров'я тварин, а отже, на приростах.

При прокладенні самосплавної труби дуже важливо дотримати її ухил – він повинен складати від 2 до 5%. При більшому ухилі рідка складова гною віддаляється швидше, а тверда видаляється повільніше, засмічуючи трубу. Якщо ухил буде менше 2...5%, то не забезпечуватиметься незамулююча швидкість течії в трубі і гній, розшаровуючись в трубі в процесі зливу, засмічуватиме її.

При прокладенні самосплавної труби допускаються повороти не більше 30...45°, а в кутах повороту обов'язково мають бути встановлені спеціальні упори щоб уникнути ушкодження труб при гідродажах. Найпоширенішою помилкою при будівництві приймального резервуару КНС або цеху розділення є неправильне його оснащення. Якщо діаметр приймального резервуару більше 2 м, то необхідно обладнати його стаціонарними мішалками (рис. 5), оскільки свинячий гній дуже швидко розшаровується: за 20 хвилин в осад випадає близько 80% твердих складових гною. Якщо гній не перемішувати, то резервуар швидко замулиться і буде потрібно додаткові витрати на його очищення.

Список літератури

1. Болтянская Н.И. Пути развития отрасли свиноводства и повышение конкурентоспособности ее продукции / Н.И. Болтянская // Motrol : Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – 2012. – Vol. 14. No3, b. – P. 164–175.
2. Кожамуратов Н.Ж. Эффективность производства продукции и снижение трудовых затрат в животноводстве / Н.Ж. Кожамуратов // Аграрная наука. – 2009. – № 11. – С. 20–22.
3. Сайт AGRORU.COM – торговая система: <http://www.agroru.com/doska/647216.htm>.
4. Макарец Н.Г. Технология производства и переработки животноводческой продукции / Н.Г. Макарец. – Калуга: Манускрипт, 2005. – 240 с/
5. Смирнова В. Конкурентоспособность продукции свиноводства в условиях роста цен на зерно / В. Смирнова // АПК: экономика, управление. – 2009. – № 3. – С. 55–59.
6. Кольга Д.Ф. Методика расчета и проектирования генеральных планов животноводческих ферм и комплексов: методические указания / Д.Ф. Кольга. – Минск: БГАТУ, 2010. – 72 с.
7. Скляр О.Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві : навчальний посібник / О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська. – Мелітополь: Колор Принт, 2012. – 720 с.

В статье рассмотрены основные ошибки при сооружении самотечной системы удаления навоза периодического действия во время строительства современных и реконструкции старых свиноккомплексов, в частности нарушение правильной геометрии и глубины ванн, ошибки при прокладке самотечной трубы, строительстве приемного резервуара канализационной насосной станции и ее оснастки.

Производство сельскохозяйственной продукции, удаление гноя, самотечная система периодического действия, свиноккомплекс, геометрия ванны, глубина ванны, самсплавная труба, канализационной насосной станция.

In paper basic errors are considered at building of the drift system of moving away of manure of batch – type during building of modern and reconstruction of old pig farms, in particular violation of correct geometry and depth of baths, errors at the gasket of drift pipe, building of receiving reservoir of the sewage pumping station and her rigging.

Production of agricultural goods, moving away of pus, drift system of batch-type, pig farm, geometry of bath, depth of bath, drift pipe, sewage pump the station, receiving reservoir.

УДК 631.312

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СКРЕПЕРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ

***М.І. Ікальчик, кандидат технічних наук
ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»***

В даній статті розглянуті недоліки існуючих скреперних установок для видалення гною. Розроблено математичну модель процесу взаємодії скребоків скрепера з гноем. Розроблений скреперний пристрій для прибирання гною з фронтальною робочою поверхнею скребоків у вигляді відвала, що дасть змогу зменшити енерговитрати при прибиранні гною та поліпшити якість прибирання гнойового каналу.

Гній, скрепер, відвал, якість, енерговитрати.

Постановка проблеми. Своєчасно вичищені від гною приміщення для утримання тварин благотворно впливають на поліпшення мікроклімату та рівня гігієни. Ефективна система гноєвидалення дозволяє підвищити рівень комфорту тварин і як результат - збільшити їх продуктивність. Адже при частих прибираннях в повітрі знижується рівень вмісту азотистих газів і аміаку, які погано впливають як на самопочуття тварин, так і на їх продукцію.

Згідно санітарних і гігієнічних норм – всі приміщення і тварини повинні утримуватися в чистоті. Якщо після прибирання місць відпочинку тварин залишається гною більше 0,15–0,20 кг/м², то дуже

© М.І. Ікальчик, 2015

забруднюється їх шкіра і вим'я, створюються умови виникнення інфекційних захворювань [1]. При випарюванні вологи із залишеного гною повітря у приміщенні забруднюється шкідливими газами, підвищується його відносна вологість.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженням процесу прибирання гною механічними засобами присвячені роботи М.К. Лінника, К.Є. Ростомяна, І.П. Арбузова, В.Ф. Баришнікова, В.Е. Вейнла, А.С. Цирятьєва, А.Д. Агасаряна, В.І. Бейттинка, В.А. Ясенецького та інших вчених.

Зокрема М.В. Левчикова розробила методику розрахунку шагу і кількості скребків (скреперів) установки; А.А. Шувалов дослідив зону розвороту скребків дельта-скреперної установки, і віднайшов оптимальне розподілення маси скребків за їх довжиною; О.Ф. Колде встановив, що тривалість розвороту скребка на холостому ході залежить від вихідного кута установки скребка штангових конвеєрів.

Значний внесок у обґрунтування напрямних адаптивних поверхонь робочих органів зробив С.С. Тищенко.

Мета досліджень. Добитися покращення якісних показників роботи скреперної установки за рахунок зміни конструкції скребків.

Результати досліджень. При безприв'язному способі утримання ВРХ гній прибирають з відкритих гнойових каналів, для цього застосовуються скреперні установки зі зворотно-поступальним рухом робочих органів, так звані «дельта-скрепери». Скреперні установки УС-15, УС-Ф-170, УС-250, УСГ-3 призначені для прибирання гною великої рогатої худоби у тваринницьких приміщеннях за боксового і комбінованого утримання тварин. Установки мають високий рівень уніфікації. Скреперна установка УСГ-3 складається з приводу, тягових ланцюгів, проміжних штанг, скреперів, поворотних роликів [2]. Скрепер – це робочий орган, що збирає і переміщує гній каналами. Він складається з повзуна, шарніра, натяжного пристрою та двох скребків. Залежно від ширини каналу розсувні скребки виставляють на ширину очищення від 1,8 до 3 м. На кінцях скребків болтами прикріплені гумові чистики, які очищають від гною стінки каналу.

Поряд з перевагами існують недоліки скреперних установок для видалення гною. Одним з недоліків є те, що скреперні установки не якісно згрібають гній з дна гнойового каналу. Практика показує що для повного згрібання гною потрібно зробити три, а то і чотири проходи скрепера. Отже існує потреба розробити скреперний пристрій для повного прибирання гною з каналу і зменшити кількість його проходів. Для вирішення поставленої задачі пропонується робочу фронтальну поверхню скребків виконати у вигляді відвала.

Для ефективної роботи скрепера необхідно забезпечити сталу величину тиску гною який рухається по робочій поверхні скребка.

З цією метою були розроблені рівняння і на їх основі побудовані криві, які є траєкторіями руху частинок гною по робочій поверхні скребка. Виходячи з цього відвал скребка повинен бути зі змінним радіусом кривизни.

Завдяки цьому скрепки інтенсивно забирають ущільнений гній, внаслідок руйнування зв'язків між його шарами і при цьому скрепки краще притискаються до поверхні гнойового каналу, отже якісніше згрібають гній.

Суть удосконалення пояснюється кресленнями (рис. 1) де на фіг. 1 зображено скреперний пристрій, на фіг.2 розріз А-А скребка.

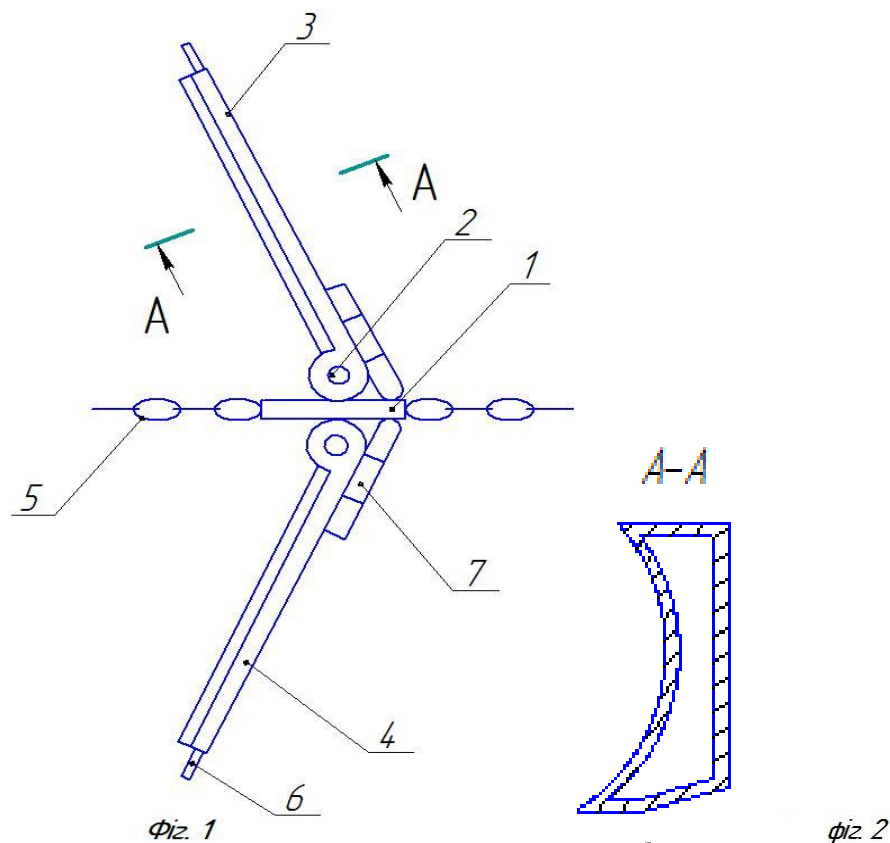


Рис. 1. Розроблений скреперний пристрій для прибирання гною.

Скреперний пристрій для прибирання гною складається з повзуна 1, пристрою поворотного 2, скребків 3, 4, ланцюга 5, гумового чистика 6, та упора 7. Робоча поверхня скребків у вигляді відвала дає змогу пласту гною частково нагромаджуватись на поверхню відвала і таким чином маса гною буде створювати додатковий тиск на скребок який буде притискати його до дна гнойового каналу. В результаті чого покращиться якість прибирання гною, а отже зменшиться число робочих проходів скреперного пристрою. Для забезпечення надійності роботи скрепера тильна поверхня скребка по відношенню до фронтальної поверхні піднята на 10–15°.

Техніко-економічні переваги скреперного пристрою що заявляється в порівнянні з прототипом полягає у збільшенні продуктивності при менших енерговитратах і загальних витратах на очистку, покращується якість прибирання гною із каналів. На дану розробку отриманий патент на корисну модель № 82787.

Д.т.н., професор І.І. Ревенко в підручнику [1] відзначав, що значний вплив на якість видалення гною має форма скребка.

Процес руху скребка відбувається таким чином, що попереду скребка знаходиться гній і скребок входить в масу гною, що теоретично можна представити як рух робочого органу в ґрунті. З урахуванням цього можна розглядати теорію академіка В.П. Горячкіна який обґрунтовуючи робочу поверхню ґрунтообробних машин відзначав [3], що незважаючи на надзвичайну різноманітність робочих органів ґрунтообробних знарядь, геометрична форма робочої поверхні кожного з них зводиться до клина, тобто клин лежить в основі і є прототипом культиваторних лап і інших ґрунтообробних машин. Виходячи з вище сказаного найефективнішою конструкцією скребка скреперної установки буде вгнута робоча поверхня [4]. Для ефективної роботи скрепера необхідно забезпечити сталу величину тиску гною який рухається по робочій поверхні скребка. Для цього знайдемо рівняння і побудуємо криві, які є траєкторіями руху частинок гною по робочій поверхні скребка.

Рух матеріальних частинок по гравітаційних поверхнях розглянуто в монографіях [5, 6]. Оскільки мається на увазі, що поверхні циліндричні із горизонтальним розташуванням твірних, то рух частинок можна досліджувати на плоских кривих - ортогональних перерізах цих поверхонь. У відповідних розділах згаданих праць такі поверхні і криві носять назву гравітаційних, тому що рух частинки обумовлений силою її ваги. Швидкість руху по кривій в таких випадках змінна. Проте в сільськогосподарських машинах можуть бути випадки, коли частинка рухається по поверхні із постійною швидкістю (наприклад, при примусовому русі частинок гною по поверхні скребка [7]). В такому випадку на частинку, крім сили ваги, діє інша активна сила $F_{\text{Т}}$ (сила тяги). Знайдемо такі криві, при русі по яких із постійною швидкістю частинка чинитиме сталий тиск. Очевидно, що такі криві уже не будуть гравітаційними. Знайдемо криві, що забезпечують сталий тиск при постійній швидкості руху частинки гною по них. Робимо припущення, що швидкість руху частинки по скребку дорівнює швидкості руху самого скребка по гнойовому каналу. Припустимо, що під дією сили *підпору* частинка гною рухається вгору по кривій із постійною швидкістю v (рис. 2). Знайдемо рівняння кривої, яка при заданій швидкості v забезпечить сталу реакцію $F_{\text{Тс}}$ поверхні, тобто постійний тиск на поверхню. В практичному плані така поверхня буде рівномі-

рно зношуватися і менше буде схильна до залипання гною. Спроектуємо всі діючі сили на головну нормаль \bar{n} кривої:

$$mg \cos \alpha + mv^2 k = F_{\text{тс}}, \quad (1)$$

де: k – кривина кривої в даній точці, m – маса частинки, $g=9,81\text{м/с}^2$.

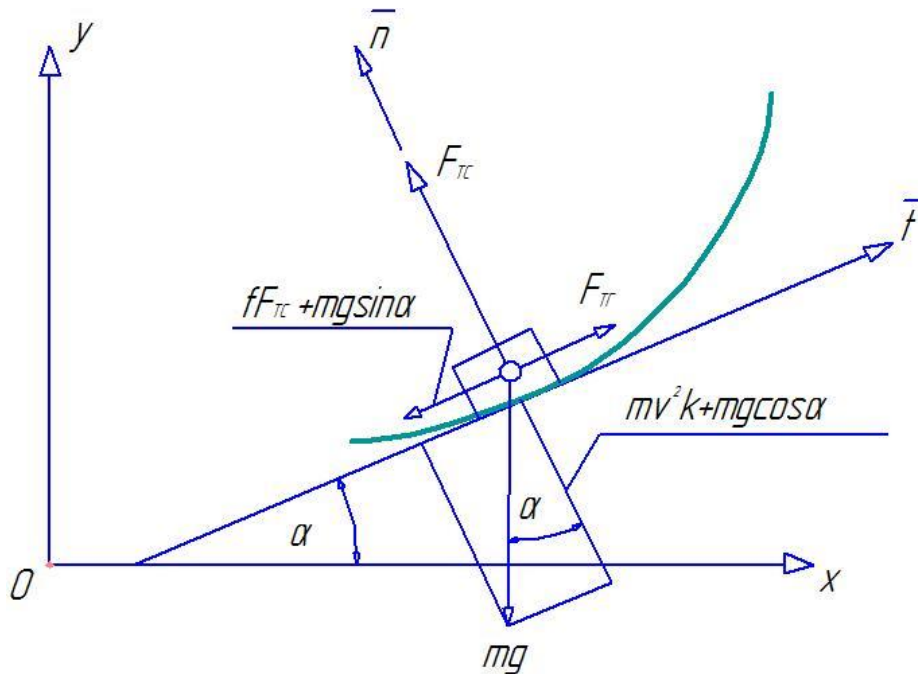


Рис. 2. Розкладання діючих сил на головну нормаль \bar{n} і дотичну \bar{t} кривої.

Перепишемо рівняння (1), розділивши ліву і праву частини на силу ваги mg і записавши кривину k через відоме співвідношення із диференціальної геометрії $k = \frac{d\alpha}{ds} = 1 : \frac{ds}{d\alpha} = \frac{1}{s'}$, де s – довжина дуги кривої:

$$\cos \alpha + \frac{v^2}{s'g} = \frac{F_{\text{тс}}}{mg}. \quad (2)$$

Відношення $F_{\text{тс}}/mg$ є сталою величиною, воно показує, яку долю від загальної сили тиску частинки становить складова ваги частинки. Позначимо його через $a_{\text{тс}}$ і розв'яжемо рівняння (2) відносно s' :

$$\frac{ds}{d\alpha} = \frac{v^2}{g(a_{\text{тс}} - \cos \alpha)}, \quad \text{отже} \quad k = \frac{g}{v^2}(a_{\text{тс}} - \cos \alpha). \quad (3)$$

Інтегрування виразу (3) можливе для двох випадків: $a_{\text{тс}} > 1$ (тобто тиск на поверхню більший від ваги частинки) і $a_{\text{тс}} < 1$ (тиск менший

ваги частинки). Запишемо відповідні інтеграли (постійну інтегрування опускаємо):

$$s = \frac{v^2}{g} \int \frac{d\alpha}{a_{\text{тс}} - \cos\alpha} = \frac{2v^2}{g\sqrt{a_{\text{тс}}^2 - 1}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{a_{\text{тс}} + 1}{a_{\text{тс}} - 1}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (a_{\text{тс}} > 1)$$

$$s = \frac{v^2}{g} \int \frac{d\alpha}{a_{\text{тс}} - \cos\alpha} = \frac{v^2}{g\sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}} \ln \frac{(1 + a_{\text{тс}}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}{(1 + a_{\text{тс}}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}. \quad (a_{\text{тс}} < 1) \quad (4)$$

Рівняння (4) $s=s(\alpha)$ задають закономірність зміни кута α вздовж дуги кривої, отже визначають криву своїми внутрішніми властивостями незалежно від її розташування в прямокутній системі координат. В диференціальній геометрії прийнятий інший запис кривих своїм внутрішнім рівнянням – залежністю кривини від довжини дуги $k=k(s)$. Таке рівняння називається натуральним рівнянням кривої. Його ми одержимо для обох випадків, якщо в правому рівнянні (3) і рівняннях (4) виключимо спільний параметр α :

$$k = \frac{g(a_{\text{тс}}^2 - 1)}{v^2 \left[a_{\text{тс}} + \cos \left(\frac{g}{v^2} \sqrt{a_{\text{тс}}^2 - 1} s \right) \right]}; \quad (a_{\text{тс}} > 1)$$

$$k = \frac{2g(1 - a_{\text{тс}}^2) e^{\frac{g\sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}{v^2} s}}{v^2 \left(e^{\frac{2g\sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}{v^2} s} - 2a_{\text{тс}} e^{\frac{g\sqrt{1 - a_{\text{тс}}^2}}{v^2} s} + 1 \right)}. \quad (a_{\text{тс}} < 1) \quad (5)$$

Натуральні рівняння (5) задають криві незалежно від їх положення і орієнтації на площині. Це означає, що при повороті кривої на певний кут ε її натуральне рівняння не змінюється. Для нас така форма запису не є прийнятною, оскільки орієнтація кривої в площині буде залежати від векторів прикладених сил, тому перейдемо до координатної форми запису. Зв'язок натуральних рівнянь із прямокутними координатами описується відомими в диференціальній геометрії залежностями:

$$\frac{dx}{ds} = \cos \alpha; \quad \frac{dy}{ds} = \sin \alpha. \quad (6)$$

Перепишемо залежності (6), перейшовши до незалежної змінної α :

$$\frac{dx}{d\alpha} \frac{d\alpha}{ds} = \cos \alpha, \text{ звідки } \frac{dx}{d\alpha} = \frac{ds}{d\alpha} \cos \alpha.$$

Аналогічно,

$$\frac{dy}{d\alpha} = \frac{ds}{d\alpha} \sin \alpha. \quad (7)$$

Підставивши в (7) вираз $\frac{ds}{d\alpha}$ із (3), одержимо залежності для знаходження координат x і y кривої:

$$x = \frac{v^2}{g} \int \frac{\cos \alpha d\alpha}{a_{тс} - \cos \alpha} = \frac{a_{тс} v^2}{g} \int \frac{d\alpha}{a_{тс} - \cos \alpha} - \frac{v^2}{g} \alpha; \quad (8)$$

$$y = \frac{v^2}{g} \int \frac{\sin \alpha d\alpha}{a_{тс} - \cos \alpha} = \frac{v^2}{g} \ln(a_{тс} - \cos \alpha).$$

Із (8) видно, що після інтегрування вираз $y=y(\alpha)$ має простий вигляд, а вигляд для координати $x=x(\alpha)$ зводиться до інтегралів (4), тому він розпадається на дві залежності для $a_{тс} > 1$ і $a_{тс} < 1$ [8]:

$$x = \frac{2a_{тс} v^2}{g \sqrt{a_{тс}^2 - 1}} \arctg \sqrt{\frac{a_{тс} + 1}{a_{тс} - 1}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \frac{v^2}{g} \alpha; \quad (a > 1) \quad (9)$$

У виразах (8), (9) постійні інтегрування опущені, оскільки вони впливають тільки на паралельний перенос кривої вздовж осей Ox і Oy . На рис. 3 побудована крива за рівняннями $y=y(\alpha)$ із (8) і $x=x(\alpha)$ із (9).

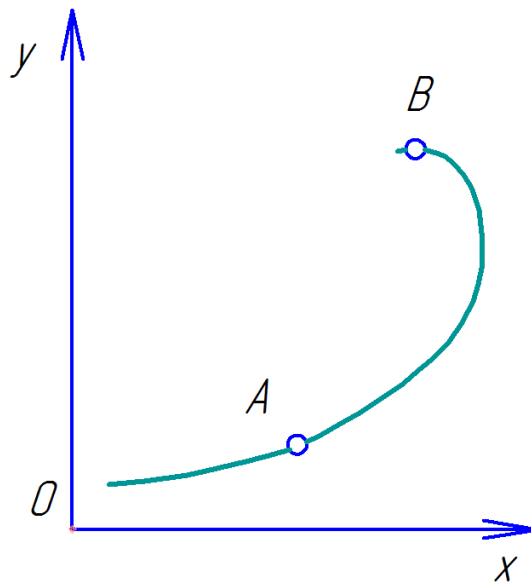


Рис. 3. Крива, що забезпечує сталий тиск при постійній швидкості руху частинки: $a_{тс}=1,2$; $v=0,2$ м/с.

Показана крива перерізу поверхні, тиск на яку при заданій швидкості $v=0,2$ м/с більший ваги частинки в 1,2 рази. Ділянку кривої \widehat{AB} використали, як профіль скребка скреперної установки. Відповідно до цього профілю розробили креслення скребка (рис. 4). Для встановлення взаємозв'язку впливу кута розкриття скрепера γ (град.), кута нахилу скребків скрепера ε_0 (град.) та швидкості руху

скрепера $V_{ск}$ (м/с) на питому енергомiсткiсть удосконаленої скреперної установки E_n (кВт год./т) у виробничих умовах було проведено експерименти за планом Бокса-Бенкiна.

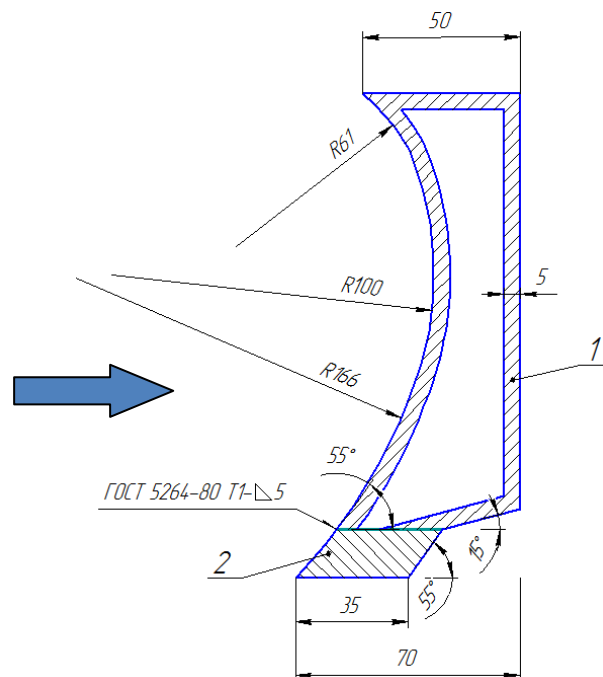


Рис. 4. Розроблений скребок скреперної установки.

Вiдповiдно до креслення виготовили скребок в металi (рис. 5).



Рис. 5. Розроблений скребок скреперної установки в металi.

При цьому незмiнними були розмiри гнойового каналу та об'єм прибраного гною. Аналiз залежностей (рис. 6, рис. 7) показує, що зi збiльшенням кута нахилу скребокiв скрепера γ вiд 30° до 90° питома

енергомiсткiсть E_n змiнюється за параболiчною функцiєю, яка має оптимум – мiнiмальне значення питомої енергомiсткостi в дiапазонi кута нахилу скребокiв скрепера вiд 55° до 75° i становить 0,82; 0,88 та 0,98 кВт год./т для вiдповiдних значень кута розкриття скрепера 70° ; 170° та 120° . Тому що при кутi нахилу скребокiв у 30° на поверхню передньої стiнки скребка буде нагромаджуватись велика кiлькiсть гною i притискати скребок до дна гнойового каналу з надлишковим зусиллям. А при кутi нахилу скребокiв вiд 60° до 70° пласт гною буде пiдрiзатись клиноподiбною формою скребка, i на поверхню скребка буде нагромаджуватись така кiлькiсть гною яка забезпечить оптимальне притискання скребка до дна гнойового каналу. При кутi нахилу скребокiв 90° на скребок гнiй не буде наповзати, i вiдсутнiсть клина на переднiй стiнцi скребка приведе до того що гнiй буде не пiдрiзатися, а вiдриватись вiд дна гнойового каналу, i на це пiде бiльша питома енергомiсткiсть.

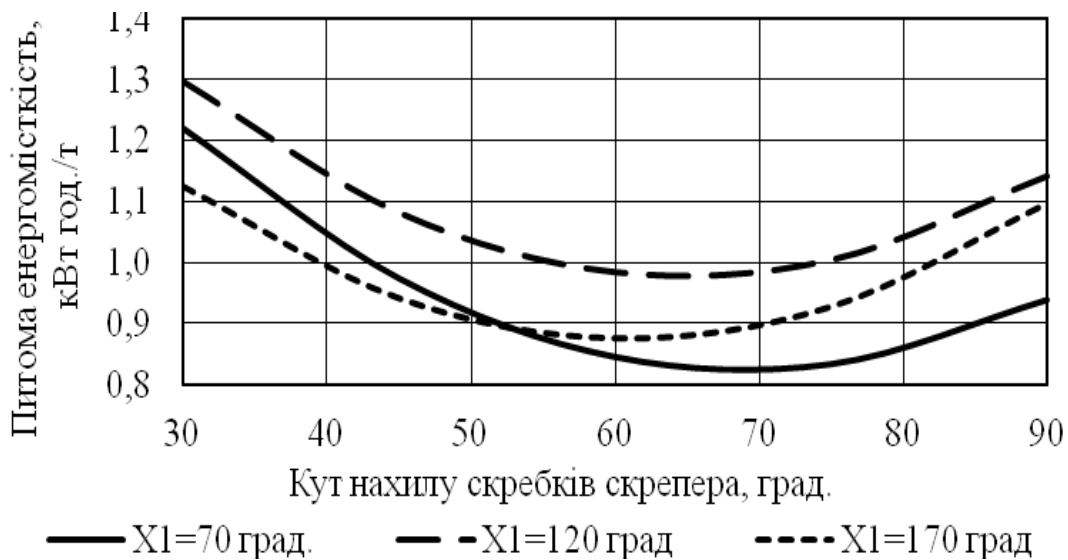


Рис. 6. Залежність питомої енергомiсткостi удосконаленої скреперної установки від кута нахилу скребокiв скрепера.

За результатами багатofакторних експериментiв було отримано математичну модель – рiвняння регресiї у виглядi полiномiв другого порядку.

Рiвняння регресiї залежностi питомої енергомiсткостi E_n (кВт год./т) вiд змiни кута розкриття скрепера γ (град.), кута нахилу скребокiв скрепера ϵ_0 (град.), та швидкостi руху скрепера $V_{ск}$ (м/с) за результатами проведеного ПФЕ 3^3 в розкодованому виглядi рiвняння регресiї має вигляд:

$$E_n = 3,4860648 + 0,0106913\gamma - 0,0491265\epsilon - 23,9743253U_{ск} - 0,0000496\gamma^2 + 0,0002610\epsilon^2 + 64,6419709U_{ск}^2 + 0,0000424\gamma\epsilon - 0,0091172\gamma U_{ск} + 0,0921844\epsilon U_{ск}$$

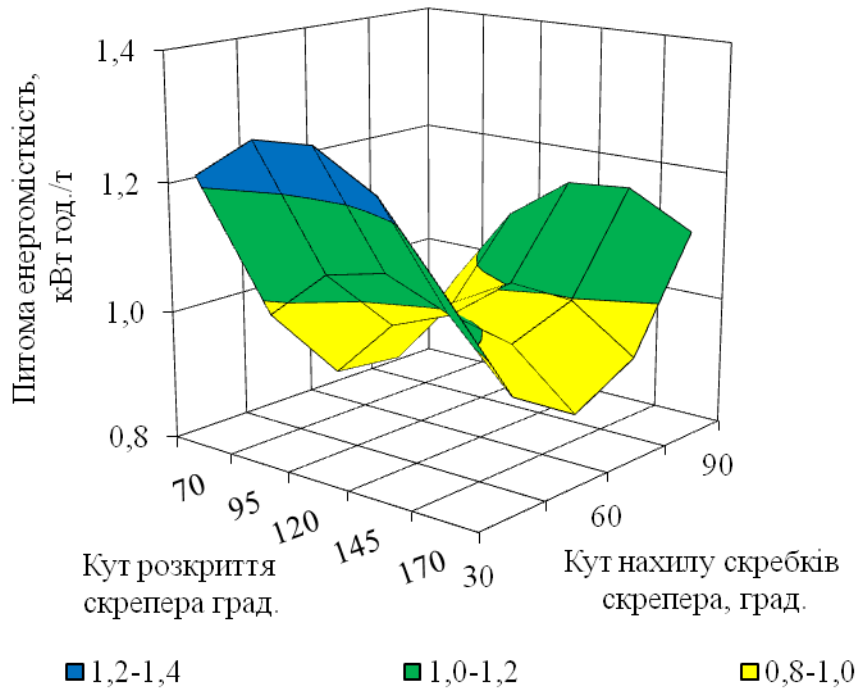


Рис. 7. Залежнiсть питомої енергомiсткостi удосконаленої скреперної установкi вiд кута розкриття та кута нахилу скребкiв скрепера.

Статистичне оцiнювання отриманих результатiв включало перевiрку на однорiднiсть дисперсiй за критерiєм Кохрена. Адекватнiсть отриманої математичної моделi та її придатнiсть для опису дослiджуваного процесу перевiряли за критерiєм Фiшера. Визначення значущостi коефiцiєнтiв регресiї проводили за критерiєм Стюдента. Гiпотеза про адекватнiсть рiвняння пiдтверджується i його можна використовувати для опису процесу.



Рис. 8. Скрепер оптимальних параметрiв.

Провівши оптимізаційний розрахунок, на основі рівняння, було встановлено, що питомі витрати енергії з урахуванням якості прибирання гною приймають мінімальне значення при: куті розкриття скрепера $\gamma=119^\circ$; куті нахилу скребок скрепера $\varepsilon_0=55^\circ$ (рис. 8) та швидкості руху скрепера $u_{ск}=0,15$ м/с.

Висновок. Запропонована конструкція скрепера у якого робоча фронтальна поверхня скребок виконана у вигляді відвала зі змінним радіусом кривизни, яка зменшить опір на відділення пласта гною від дна гнойового каналу, також пласт гною буде нагромаджуватись на скребок і притискати його до дна гнойового каналу. В результаті цього буде досягнуто повне прибирання гною із каналів за один прохід скрепера по гнойовому каналу, що в свою чергу зменшить енерговитрати, і загальні витрати на очистку.

Список літератури

1. Ревенко І.І. Машины та обладнання для тваринництва : підручник / Ревенко І.І., Брагінець М.В., Ребенко В.І. – К. : Кондор, 2009. – 731 с.
2. Установки скреперні для прибирання гною УСГ-3, УСГ-4, паспорт УФ.17.000 ИМ, ОАО «Ковельсельмаш», 2008. – 52 с.
3. Посібник для студентів спеціальності 7.090215 "Машины і обладнання сільськогосподарського виробництва" / К.І. Шмат, П.В. Сисолін, В.В. Карманов, Г.І. Іванов. – Херсон: Олді-Плюс, 2004. – 308 с.
4. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков [та ін.] ; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
5. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960. – 283 с.
6. Заика П.М. Избранные задачи земледельческой механики / П.М. Заика. – К.: УСХА, 1992. – 507 с.
7. Войтюк Д.Г. Побудова траєкторій руху частинок ґрунту по циліндричних поверхнях і знаходження кривої перерізу / Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Техніка АПК. – К., 1999. – № 8. – С. 6–9.
8. Пилипака С.Ф. Розрахунок циліндричної поверхні скребка гноєприбиральної установки / С.Ф. Пилипака, Г.А. Голуб, М.І. Ікальчик // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2013. – Вип. 185, ч. 1. – С. 18–24.

В данной статье рассмотрены недостатки существующих скреперных установок для удаления навоза. Разработана математическая модель процесса взаимодействия скребок скрепера с навозом. Разработано скреперное устройство для уборки навоза с фронтальной рабочей поверхностью скребок в виде отвала, что позволит уменьшить энергозатраты при уборке навоза и улучшить качество уборки навозного канала.

Навоз, скрепер, отвал, качество, энергозатраты.

In paper the disadvantages of existing winches facilities for manure. The mathematical model of interaction scraper manure scrapers. Designed scraper device manure from front work surface scrapers in a blade that will reduce energy consumption in manure and improve the quality of cleaning manure channel.

Manure, scraper, blade, quality, and energy consumption.

УДК 361.312

ВИБІР ВЕЛИЧИНИ НАТЯГУ ЛАНЦЮГА ПОХИЛОГО ТРАНСПОРТЕРА ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ

Р.Л. Швець, аспірант*

Г.А. Голуб, доктор технічних наук

Наведено результати експериментальних досліджень залежності споживаної потужності при роботі похилого транспортера на холостому ході від кута нахилу, швидкості руху та натягу ланцюга.

Транспортер, ланцюг, натяг, споживана потужність, гній.

Постановка проблеми. Своєчасне прибирання тваринницьких приміщень та видалення гною, його ефективне використання – одна з важливих проблем сільськогосподарського виробництва. Для видалення підстилкового гною з тваринницьких приміщень здебільшого використовують похилий транспортер, експлуатація якого повинна відбуватися з мінімальними питомими витратами енергії на транспортування [1, 3, 5]. Однак дані по вибору величини натягу ланцюга похилого транспортера та її впливу на споживану потужність похилого транспортера відсутні [4], що не дозволяє вибрати раціональні параметри його роботи.

Мета досліджень. Визначити залежність споживаної потужності похилого транспортера на холостому ході від величини натягу ланцюга.

Результати досліджень. Дослідження процесу роботи похилого транспортера на холостому ході проводилися в лабораторних умовах з використанням частотного перетворювача, кіловатметра, динамометра та персонального комп'ютера (рис. 1) [2]. Натяг ланцюга скребкового транспортера визначався динамометром за рівнем прогину ланцюга при прикладеному зусиллі 0,5 кН.

*Науковий керівник – доктор технічних наук Г.А. Голуб

© Р.Л. Швець, Г.А. Голуб, 2015

Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів наведено в табл. 1.

1. Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів

Найменування фактору та його позначення	Рівні факторів			Інтервали варіювання
	-1	0	+1	
Кут нахилу транспортера γ , град.	20	25	30	5
Рівень прогину ланцюга ε , мм.	265	170	75	95
Швидкість руху скребків u , м/с	0,3	0,5	0,7	0,3

Під час проведення експерименту визначалися потужність (табл. 2): електродвигуна, приводної станції, на переміщення ланцюга із скребками та загальна споживана потужність похилого транспортера на холостому ході N .



Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної установки: 1 – динамометр ДПУ-0,5-2; 2 – кіловатметр Lovato elektrik DMK 40; 3 – частотний перетворювач OMRON HITACHI JX INVERTER 7,5 kW; 4 – персональний комп'ютер з програмним продуктом DMK Remote Control.

За результатами експерименту отримано математичну модель – рівняння регресії у вигляді поліному другого порядку, яке має вигляд:

$$N = 0,7 - 0,03\gamma + 1,05u - 0,29u^2 - 0,01\gamma u,$$

де: N – споживана потужність, кВт; γ – кут нахилу транспортера, град; ε – рівень прогину ланцюга, мм; u – швидкість руху скребків, м/с.

2. Вимірювані та розрахункові величини.

Кут нахилу транспортера, град	Рівень прогину ланцюга, мм	Швидкість руху скребків, м/с	Потужність, кВт:			
			електродвигуна	приводної станції	переміщення ланцюга із скребками	загальна
30	75	0,5	0,2324	0,2469	0,1854	0,4323
20	265	0,5	0,2324	0,2316	0,1007	0,3323
30	265	0,5	0,2324	0,2469	0,0746	0,3214
20	75	0,5	0,2324	0,2316	0,2602	0,4918
30	170	0,7	0,2588	0,2857	0,0994	0,3851
20	170	0,3	0,1941	0,2000	0,0545	0,2545
30	170	0,3	0,1941	0,2000	0,0528	0,2528
20	170	0,7	0,2588	0,2656	0,1584	0,4241
25	75	0,7	0,2588	0,2781	0,2296	0,5077
25	265	0,3	0,1941	0,2000	0,0519	0,2519
25	75	0,3	0,1941	0,2000	0,1040	0,3040
25	265	0,7	0,2588	0,2781	0,1285	0,4066
25	170	0,5	0,2324	0,2344	0,0958	0,3302
25	170	0,5	0,2324	0,2344	0,0804	0,3148
25	170	0,5	0,2324	0,2344	0,0954	0,3298

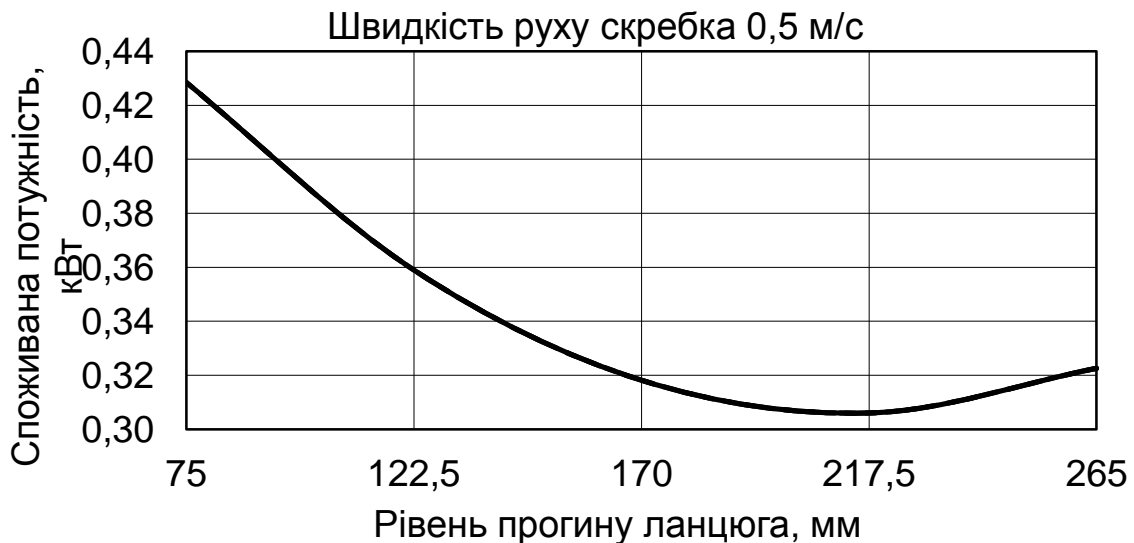


Рис. 2. Залежність споживаної потужності від рівня прогину ланцюга похилого транспортера

Аналіз графіка (рис. 2) показує, що із зменшенням натягу ланцюга, що відповідає збільшенню рівня прогину ланцюга від 75 мм до 180 мм, споживана потужність знижується. Це пояснюється тим, що при зменшенні натягу ланцюга спостерігається зменшення сил тертя в з'єднаннях зірочка-ланцюг. Споживана потужність досягає мінімального значення при прогині ланцюга від 180 до 230 мм. При подальшому зменшенні натягу, що відповідає збільшенню прогину лан-

цюга від 230 мм до 265 мм споживана потужність знову зростає, що пов'язано з додатковими витратами енергії при набіганні ланцюга на поворотну зірочку. Кут нахилу похилого транспортера не мав значимого впливу на споживану потужність.

Споживана потужність похилого транспортера лінійно збільшувалась зі збільшенням швидкості руху ланцюга із скребками (рис. 3).

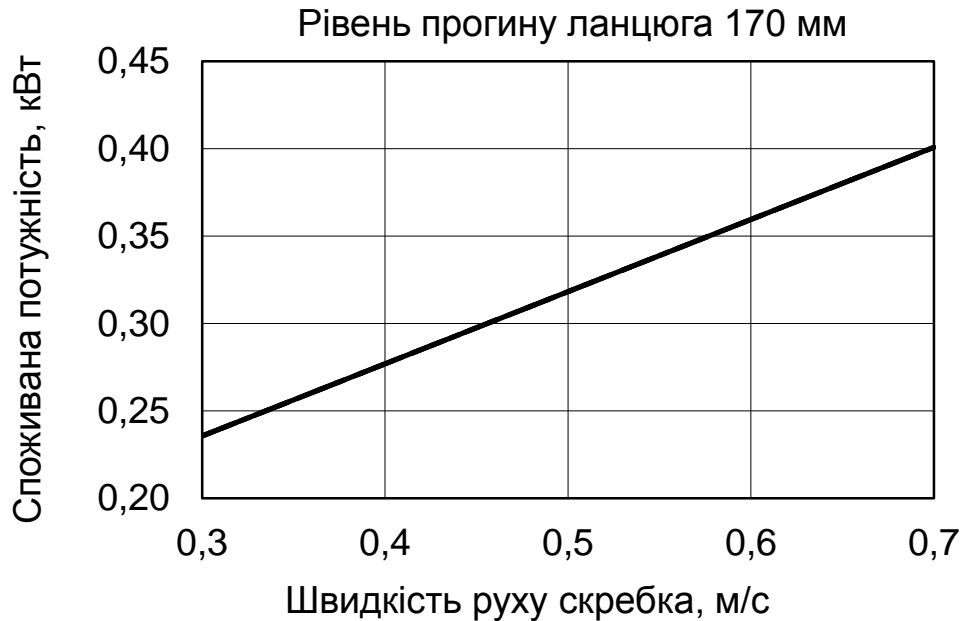


Рис. 3. Залежність споживаної потужності від швидкості руху ланцюга скребкового транспортера.

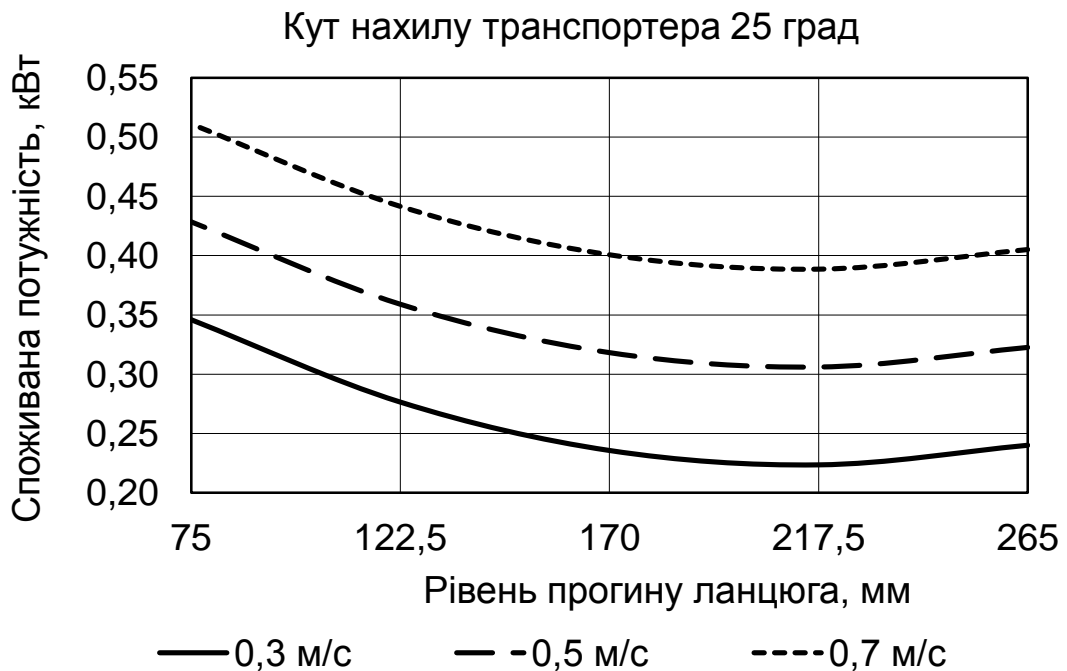


Рис. 4. Залежність споживаної потужності від рівня прогину ланцюга при різних швидкостях руху ланцюга із скребками.

Дослідження залежності споживаної потужності від рівня прогину ланцюга при різних швидкостях руху ланцюга із скребками свідчать про те що мінімальні значення споживаної потужності спостерігаються при рівні прогину ланцюга від 180 мм до 230 мм (рис. 4).

Крім того збільшення швидкості руху ланцюга скребкового транспортера на 0,2 м/с призводило до збільшення споживаної потужності на 0,1 кВт.

Висновок. Дослідженнями встановлено, що мінімальна споживана потужність похилого транспортера при роботі на холостому ході досягається при значеннях 0,23 кВт при рівні прогину ланцюга скребкового транспортера від 230 до 180 мм з прикладеним зусиллям 0,5 кН, швидкості руху ланцюга зі скребками 0,3 м/с, в той же час, відсутній вплив кута нахилу на споживану потужність похилого транспортера.

Список літератури

1. Демчук М.В. Гігієна тварин / Демчук М.В., Чорний М.В., Високос М.П. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.
2. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследовании сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алекшин, П.М. Рошин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, Ленингр. отд-ние. 1980. – 168 с.
3. Методические рекомендации по проектированию систем удаления, обработки, обеззараживания, хранения и утилизации навоза и помета. – М.: Колос, 1983. – 61 с.
4. Руководство по монтажу, устройству и эксплуатации транспортера скребкового / А.Я. Петровский, М.С. Берденко. – Бахмач, тип 4/13 вак. №3912. – 1000. – 26 с.
5. Системи видалення, обробки, підготовки, та використання гною: ВНТП-АПК 09.06. Офіц. Видання. – К.: Міністерство аграрної політики України, 2006. – 100 с.

Приведены результаты экспериментальных исследований зависимости потребляемой мощности при работе наклонного транспортера на холостом ходе от угла наклона, скорости движения и натяжения цепи.

Транспортер, цепь, натяжение, потребляемая мощность, навоз.

The experimental studies results of the dependence inclined conveyor at no load inclination power consumption during operation and the angle, speed and chain tension are given.

Conveyor, chain tension, power consumption, manure.

ОБҐРУНТУВАННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ СЕПАРУВАННЯ ГНОЮ

В.С. Хмельовський, кандидат технічних наук

О.В. Хмельовський, магістр

*Р.Л. Швець, аспірант**

У статті проведено аналіз обладнання для прибирання гною на тваринницьких фермах і комплексах та здійснено обґрунтування установки для сепарування гною.

Утримання тварин, фракційний склад гною, сепарування гною, зниження затрат.

Постановка проблеми. Видалення гною є одним з найскладніших процесів при утриманні великої рогатої худоби та інших тварин. Загальновідомо [2, 4], що своєчасно вичищені від гною приміщення для утримання тварин сприятливо впливають на поліпшення мікроклімату та рівня гігієни. Важливе значення для створення умов нормальної експлуатації тваринницьких приміщень взагалі і видалення з них гною, зокрема, має конструктивно-технічне рішення засобів механізації прибирання та видалення гною [2, 4].

Ефективне вирішення проблеми механізації прибирання та утилізації гною потребує комплексного підходу, починаючи з виробничих операцій всієї технологічної лінії від стійла тварин і до місця використання гною, як добрива, із дотримання вимог охорони навколишнього середовища та забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних умов роботи обслуговуючого персоналу [1].

Стаціонарні гноєприбиральні транспортери марки ТСН і скреперні установки марки УС-15 відмінно підходять для застосування при підстилковому або безпідстилковому утриманні сільськогосподарських тварин [1–5].

Аналіз останніх досліджень. Технологічний процес видалення і утилізації гною включає операцію транспортування гною від приміщень до гноєсховища або місць приготування компосту. Перевагу при виборі того чи іншого варіанту видалення гною з тваринницьких приміщень, насамперед, слід надавати тим засобам, які сприяють зменшенню об'ємів гноєзбірників і гноєсховищ, зниженню вологості гною і підвищенню ефективності гною, як органічного добрива. Результати досліджень вітчизняних науковців останніх років Роговий В.Д., Шабельник Б.П., Скляр О.Г., Скляр Р.В., Ікальчик М.І. є тому підтвердженням. В 1996 році Роговой В.Д., Брагінець А.Н.

*Науковий керівник – доктор технічних наук Г.А. Голуб

© Р.Л. Швець, Г.А. Голуб, 2015

обґрунтовували параметри і розробили конструкцію установки для очистки стійл [3]. Шабельник Б.П. та Ікальчик М.І. присвятили свої роботи видаленню гною з приміщень з максимальною якістю виконання процесу та з мінімальними енергетичними затратами [4]. Починаючи із 2000 року Скляр Р.В. проводить роботу над вдосконаленням технологічної схеми підготовки рідкої фракції гною до використання [1, 5]. У 2003 році колектив авторів Роговий В.Д., Скляр Р.В., Скляр О.Г., розробили установку для розподілу рідкого гною на фракції [5].

Мета досліджень – обґрунтувати технологію сепарування гною в процесі вивантаження його за межі приміщення, зменшити об'єми перевезення рідкої фракції до гноєсховища при утилізації гною на тваринницьких фермах та комплексах, та забезпечити при цьому зменшення енергетичних затрат.

Результати досліджень. Транспортування гною від виробничих приміщень до гноєсховищ частіше проводять мобільним транспортом, для якого на фермі повинні бути відведені найкоротші ізольованні шляхи сполучень [1–3].

Розділення гною на фракції дає змогу зменшити об'єми гноєнакопичувачів завдяки скороченню часу карантинування. Якщо розділення (сепарація) гною не проводиться, то, за українськими нормами, він повинен витримуватись у гноєсховищі не менше 9 місяців, перш ніж потрапити на поля. В Європі - 6 місяців. Відокремлену рідку фракцію можна успішно зберігати півроку до оптимального часу. Основна перевага сепарації - те, що саме вона дає змогу отримати високоякісне добриво як у рідкому, так і твердому стані та забезпечує достатньо просте його застосування. В обох фракціях відсепарованого гною розподіл поживних речовин рівномірніший. Завдяки значному покращенню фізичних властивостей рідкого гною та його однорідності, внесення з використанням шлангових насадок, чи форсунок, значно спрощується і стає точнішим. До того ж, завдяки швидшому проникненню маси гною в ґрунт втрачається менше азоту з аміаком через випаровування й поширення запаху. При використанні сепарованого гною зі зменшеним вмістом твердих елементів припикання рослин зводиться до мінімуму. Це дозволяє очікувати швидкий ріст трав і можливість раніше використовувати пасовища та отримувати додаткові укуси. При цьому, залежно від вмісту сухої речовини, об'єм рідкої фракції гною після сепарації може зменшуватись на 10–20%.

У сільськогосподарських підприємствах для розділення гною на фракції використовують шнекові (гвинтові), сітчасті сепаратори, декантаційні центрифуги, преси вальцевої конструкції та зі стрічковими ситами. Ці машини спричиняють високі витрати, споживають багато

енергії та ускладнюють технологічну лінію прибирання та видалення гною. Основною вимогою роботи обладнання для сепарації гною - не допускати зниження продуктивності гноєприбирального обладнання. Додатковою перевагою сепарації є те, що рідкої фракції можна вносити у 5–7 разів більше, ніж нерозділеного гною, тож можна заощадити ще й на поточних витратах із внесення.

Для розподілу гною на фракції, під час вивантаження його за межі приміщення, нами запропоновано вдосконалення похилого транспортера. Запропоноване технічне рішення дає можливість похилому транспортеру виконувати операції транспортування та одночасного сепарування гною на фракції. Транспортер-сепаратор складається із короба, у середині якого розміщений ланцюгово-скребковий транспортер, натяжний пристрій з приводною станцією та поворотної зірочки. Згідно запропонованого рішення нижня частина короба має прорізи виконані під кутом не більше 50 градусів до поздовжньої осі, а під низом вздовж розміщення прорізів додатково встановлено лотік із патрубком, що знаходиться із протилежної сторони приводної станції.

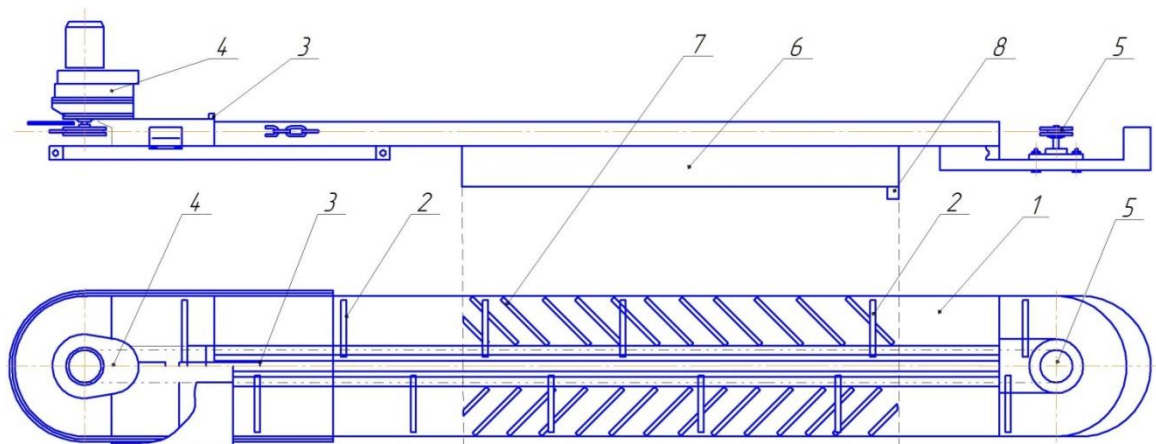


Рис. 1. Загальний вигляд транспортера: 1 – короб, 2 – ланцюгово-скребковий транспортер, 3 – натяжний пристрій, 4 – приводна станція, 5 – поворотна зірочка, 6 – лотік, 7 – вирізані щілини у днищі жолоба, 8 – патрубок.

Транспортер-сепаратор гною працює таким чином. З напрямка, в який входить нижня частина транспортера-сепаратора, гній подається за допомогою ланцюгового-скребкового транспортеру 4 з приміщення. При переміщенні скребків у зону днища короба 1 з щілинами 7, рідка фракція крізь щілини 7 потрапляє у лотік 6, з якого крізь патрубок 8, за допомогою насоса або самопливом, транспортується у окрему ємкість, а тверда фракція проходить над щілинами та транспортується у транспортні засоби. Рідка фракція з гною видалається під дією гравітації і тиску скребків.

Перевагами у використанні транспортера-сепаратора гною, в порівнянні з прототипом, є те, що без збільшення обладнання в технологічній лінії прибирання та вивантаження гною за межі приміщення, відбувається розподіл гною на фракції. Залежно від початкової вологості гною її вміст у твердій фракції зменшується на 35–45 %. Сепарування гною відбувається при менших енергетичних витратах, що приводить до зменшення вартості одиниці продукції тваринництва, а також, зменшується в 1,3–1,5 рази кількість гною, яку потрібно перевозити до гноєсховища.

Висновок. Запропонована конструкція транспортера-сепаратора гною, у якого нижня площина короба має прорізи виконані під кутом не більше 50° до поздовжньої осі, а під низом вздовж розміщення прорізів додатково встановлено лотік із патрубком, що знаходиться із протилежної сторони приводної станції, що дає можливість збільшити технологічні операції, які виконує похилий транспортер. В результаті цього досягнемо розподілу гною на фракції, що, в свою чергу, зменшить енергозатрати і загальні витрати на сепарування гною.

Список літератури

1. Скляр О.Г. Напрями використання органічних ресурсів у тваринництві / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11. – Т. 5. – С. 210–218.
2. *Машини та обладнання для тваринництва* / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. – К.: Кондор, 2009. – 730 с.
3. *Брагінець А.Н.* Обоснование параметров и разработка конструкции установки для очистки стойл: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства». – Мелітополь, 1996. – 25 с.
4. *Ікальчик М.І.* Розробка скрепера скреперної установки для прибирання гною / М.І. Ікальчик // Тези доповідей XIII всеукраїнської конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників і аспірантів. – К., 2013. – С. 45.
5. *Скляр Р.В.* Обґрунтування конструктивних параметрів і режимів роботи безнапірного дугового сепаратора рідкого гною великої рогатої худоби: автореферат дис. канд. техн. наук: 05.05.11; ТДАТА. – Мелітополь, 2003. – 19 с.

В статье проведен анализ оборудования для уборки навоза на животноводческих фермах и комплексах и осуществлено обоснование установки для сепарации навоза.

Содержание животных, фракционный состав навоза, сепарирование навоза, снижение затрат.

The paper analyzes equipment for manure on livestock farms and complexes and substantiations installation manure separation.

Keeping of animals, fractional composition of manure, separation of manure, reducing costs.

РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В БІОКОНВЕРСІЇ ОРГАНІЧНОЇ СИРОВИНИ

**С.І. Павленко, кандидат технічних наук
Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет**

Проведено аналіз ресурсозбереження в біоконверсії органічної сировини. Встановлено сумарний ресурсозберігаючий ефект від впровадження технологічних заходів біоконверсії органічної сировини на основі якісних і кількісних результатів, що забезпечують позитивні результати від заходів біоконверсії. Розроблена блок-схема видів та напрямів ресурсозбереження при компостуванні твердих органічних відходів.

Ресурсозбереження, органічна сировина, біоконверсія, ресурсозберігаючий ефект, тверди органічні відходи.

Постановка проблеми. Біоконверсія органічної сировини відходів рослинництва і тваринництва сільськогосподарського виробництва складає основу ресурсозбереження – одного з напрямів використання природно-ресурсного потенціалу, що забезпечує економію природних ресурсів та зростання виробництва продукції в межах існуючих матеріальних засобів і фінансових коштів із фахових галузей сільськогосподарського виробництва. Тому їх необхідно в системному аналізі, що допоможе науковцям і керівникам господарств підняти ефективність заходів.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз літературних джерел з проблеми ресурсозбереження дозволив виділити суттєві ознаки, що розглядаються фахівцями з економіки [1–3]: види ресурсів, що зберігаються; зміст процесів; можливості реалізації заходів; стадії життєвого циклу ресурсу і продукції, обсяги фінансування і результати ресурсозбереження.

Особливу групу складають виробничі ресурси. Серед ресурсів, що зберігаються матеріалозбереження [4], енергозбереження [5, 6], трудозбереження [7, 8], фондозбереження [9, 10], ґрунтозбереження [11–14], водозбереження [15].

Біоконверсні процеси забезпечують високий соціально-екологічний ефект, що заключається в зменшенні викидів парникових газів і запахів, профілактиці санітарних заходів тощо. Кожна з фахових галузей вбачає в біоконверсії свої переваги і розраховує по своїм методикам економічні ефекти від впровадження біоконверсних

технологій і технічних рішень, що забезпечують їх виконання. Так в агрономії розглядають зменшення норм внесення органічних добрив – компостів, що готували по технології прискореного компостування, покращення хімічного складу субстракту і поновлення гумусового складу ґрунту, зменшення долі мінеральних добрив.

В той же час одержуємо частину продукції, що має ринкову цінність, біогаз, тверді і рідкі органічні добрива.

Мета досліджень. Узагальнити результати ресурсозбереження в механізованих технологіях біоконверсної переробки органічних відходів тваринництва і рослинництва.

Результати дослідження. Сумарний ресурсозберігаючий ефект від впровадження технологічних заходів біоконверсії органічної сировини:

$$P = \sum_{i=1}^n P_T,$$

де: P_T – якісні і кількісні результати, що забезпечують позитивні результати від заходів біоконверсії.

Визначити значення в гривнях P_T можливо в загальному вигляді:

$$P_T = \sum_i P_\varepsilon + \sum P_{вет} + \sum P_P + \sum P_i + \sum T,$$

де: P_ε – соціально-економічний ефект від впровадження біотехнологій; $P_{вет}$ – ветеринарний ефект від впровадження біотехнології; P_P – ефект від збереження ресурсів: матеріалів, води, енергії, фондів, затрат праці; P_i – ефект від інших організаційних заходів; T – вартість одержаного продукту (товару) – твердих і рідких органічних добрив, біогазу.

Очевидно, що складові мають пряму дію і їх реально підрахувати – P_P , T , а інші – непряму – P_ε , $P_{вет}$, P_i , що потребують суб'єктивної оцінки одержаного ефекту. З іншої сторони, забезпечення позитивного ефекту ресурсозбереження від впровадження біотехнологій – це затратний механізм:

$$Z = \sum Z_{кап} + \sum Z_{екс} + \sum Z_{зат} + \sum Z_{зб} + \sum Z_i;$$

де: $\sum Z_{кап}$ – капітальні затрати на споруди і обладнання; $\sum Z_{екс}$ – затрати на експлуатацію в господарстві, логістику; $\sum Z_{зат}$ – затрати на матеріали; $\sum Z_{зб}$ – витрати на зберігання і збут готової продукції; $\sum Z_i$ – на інші види затрат.

Фактично, сумарний ресурсозберігаючий ефект:

$$P = \sum_{i=1}^n P_T - \sum_{i=1}^n Z$$

Структура позитивних переваг по впровадженню біотехнологій і затрат та виконання забезпечують ефективність заходів, а глибока об'єктивна оцінка складових структури – вибір раціональної технології біоконверсної переробки в умовах окремого господарства.

Блок-схема видів та напрямів ресурсозбереження при механізованій технології компостування твердих органічних відходів на рис. 1 в загальному вигляді показує інформацію, якою необхідно користуватись, щоб зробити висновки про технологічну та економічну доцільність біоконверсної технології і обґрунтованість в тому, що вона дійсно ресурсозбережлива.

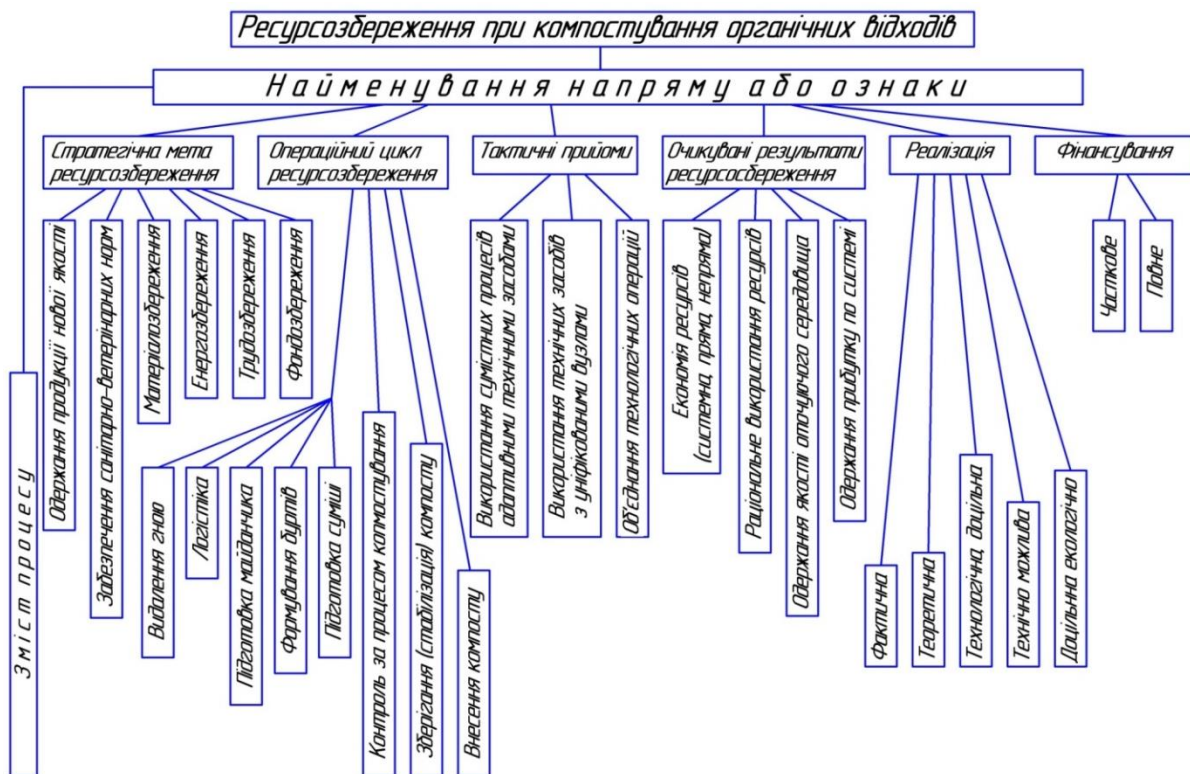


Рис. 1. Блок-схема видів та напрямів ресурсозбереження при компостуванні твердих органічних відходів.

Для фахівців із механізації процесів в сільському господарстві біоконверсні процеси – проведення знезаражувальних заходів на органічних відходах тваринництва і рослинництва за рахунок біологічно-активних мікроорганізмів, бактерій, грибів, тощо, для ефективності діяльності яких необхідно скласти відповідні умови на основі машин, механізмів, обладнання.

Основні вимоги до біотехнологій забезпечення санітарно-екологічних норм і керованість процесами. В біоконверсійній обробці завжди будуть стояти питання між в якісному оточуючому середовищі чи фінансами, скільки на це витрачено. Перспективними планами розвитку розглядається збільшення кількості біогазових уста-

нов і виробництва. Програма може бути реалізована, якщо держава зможе виробити правила для стимулювання розвитку. Це преференції в оплаті тарифів виробленої енергії. Після розглядаються ці питання в західній Європі, Америці, Китаї.

Визначення, який технологічний ресурс бажаємо одержати – це головна стратегічна мета, що в подальшому забезпечує вибір тактичних напрямків. Їх дуже багато: хімічні, біологічні, технічні та інші.

З іншої сторони ресурсозбереження це пошук внутрішніх ефективних рішень на основі аналізу системи машин технологічного процесу одержання продукції та рівні окремо взятого підприємства або напрямку. В цьому випадку можливо використовувати або відповідно модернізувати існуючі машини.

Невелика кількість електроенергії на одній і біоустановок недільні кошти від реалізації – до 1500–2000 грн., що не забезпечує покриття заробітної плати обслугованого персоналу. Але санітарно-екологічні питання практично відсутні. В той же час суттєві питання до зберігання і утилізації відпрацьованих різних етапів.

Більшість біогазових установ, що діють побудовані за рахунок вигідних умов фінансування й подальшої або безальтернативним рішенням для необхідності забезпечення соціально-екологічних норм. Серед основних питань зберігання та утилізації відпрацьованих субстратів, збільшення експорту для органічної продукції. Внутрішні ціни на органічні добрива в Україні також стали збільшувати ціни до 400–600 грн/т після різкого здороження мінеральних добрив. Дослідження проведені в УМТ м. Запоріжжя одержано, що по хімічному складу 1 т якісного компосту з посліду бройлерів еквівалентна 100 кг нітроамофост.

Біогаз безпосередньо використовується в газових мережах або конвертованому вигляді: служить паливом для двигунів внутрішнього згорання, що приводить генератору електричного струму, а вироблену електроенергію в мережу електричні мережі.

Внутрішні господарські розрахунки в умовах реального підприємства визначають, які ресурси зберігаються, матеріали, фонди, площі сільськогосподарських угідь. Наприклад, зниження кількості закупівлі мінеральних добрив, покращення родючості ґрунтів.

В той же час зменшення викидів газів і аміаку, запахів – являє основу покращення умов оточуючого середовища в результаті діяльності тваринницької ферми.

Ринок продукції переробки. Тверді органічні добрива – компости найбільш реалізуємі, якими зорганізується (переміщується, пакується, зберігається).

Висновок. Проведено аналіз ресурсозбереження в біоконверсії органічної сировини. Встановлено сумарний ресурсозберігаючий

ефект від впровадження технологічних заходів біоконверсії органічної сировини на основі якісних і кількісних результатів, що забезпечують позитивні результати від заходів біоконверсії. Розроблена блок-схема видів та напрямів ресурсозбереження при компостуванні твердих органічних відходів.

Список літератури

1. ДСТУ 3052-95 (ГОСТ 30167-95) Ресурсозбереження. Порядок встановлення показників ресурсозбереження у документації на продукцію (Чинний від 1997.01.01). – К.: Держстандарт України, 1996. – 61 с.
2. *Сотник І.М.* Класифікація напрямків та видів ресурсозбереження як інструмент обґрунтування надання економічних пільг при реалізації ресурсозберігаючих заходів [Текст] / *І.М. Сотник* // Механізм регулювання економіки. – 2006. – №1. – С. 67–76. <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/3607>.
3. *Шерстюкова К.Ю.* Особливості ресурсозбереження в сучасних умовах функціонування підприємств / *К.Ю. Шерстюкова* // Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності. – 2013. – Вип. 1(2). – С. 138–142.
4. *Мостенська Т.Л.* Корпоративне управління. Підручник. – 2-е видання / *Мостенська Т.Л., Новак В.О., Луцький М.Г.* – К.: Каравела, 2011. – 400 с.
5. *Агроекологія* : підручник / За ред. *М.М. Городнього, М.К. Шихули* та ін. – К.: Вища школа, 1993. – 414 с.
6. *Агроекологія* : підручник / *О.Ф. Смаглій, А.Т. Кардамов, П.В. Литвин* та ін. – К.: Вища школа, 2006. – 671 с.
7. *Антонець С.С.* Органічне землеробство – з досвіду ПП. «Агроекологія» Шишацького району Полтавської області / *С.С. Антонець, А.С. Антонець, В.М. Писаренко.* – Полтава, 2010. – 200 с.
8. *Ацци Д.* Сельскохозяйственная экология / Пер. с итал. *В.И. Ковалевського* ; под ред. *М.Л. Сафотерова.* – М.: Сельхозгиз, 1982. – 337 с.
9. *Писаренко В.М.* Агроекологія / *В.М. Писаренко, П.В. Писаренко, В.В. Писаренко.* – Полтава, 2008. – 255 с.
10. *Ковалко М.П.* Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / *М.П. Ковалко, С.П. Денисюк* ; відпов. ред. *А.К. Шидловський.* – К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.
11. *Гавриленко О.П.* Екогеографія України : навчальний посібник / *О.П. Гавриленко.* – К.: Знання, 2008. – 646 с.
12. *Рекреаційні ресурси та їх оцінка* [Електронний ресурс]: Режим доступу: [dnu.dp.ua/metodi/fbio/Ecologiya/5Kurs/Dovgal_Recreatsijni_resyrsi/...](http://dnu.dp.ua/metodi/fbio/Ecologiya/5Kurs/Dovgal_Recreatsijni_resyrsi/)
13. *Данилишин Б.М.* Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України / *Б.М. Данилишин, С.І. Дорогунцов, В.С. Міщенко* та ін. – К.: ЗАТ "Нічлава", 1999. – 716 с.
14. *Barstow L.M.* Evaporative temperature and moisture control in solid substrate fermentation / *L.M. Barstow, B.E. Dale, R.P. Tengerdy* // *Biotechnol Techniques.* – 1988. – №2. – P. 237–242.
15. *Dixon J.B.* Minerals in Soil Environments / *Dixon J.B., Weed S.B.* – Madison: Soil science society of America, Inc., 1977. – 214 p.

Проведен анализ ресурсозбереження в біоконверсії органічного сиров'я. Установлено суммарний ресурсозберігаючий ефект

фект от внедрения технологических мероприятий биоконверсии органического сырья на основе качественных и количественных результатов, обеспечивающих положительные результаты от мероприятий биоконверсии. Разработана блок-схема видов и направлений ресурсосбережения при компостировании твердых органических отходов.

Ресурсосбережения, органическое сырье, биоконверсия, ресурсосберегающий эффект, твердые органические отходы.

The analysis of resource in bioconversion of organic raw materials. It established a total resource saving effect of introduction of technological measures bioconversion of organic material on the basis of qualitative and quantitative results, ensuring positive results from measures bioconversion. The block diagram of resource types and directions when composting solid organic waste.

Resource conservation, organic materials, bioconversion, resource-saving effect, solid organic waste.

УДК 631.452

ДВОЄМНІСНА МОДЕЛЬ ГУМУСНОГО СТАНУ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА АГРОЕКОСИСТЕМ

***Г.А. Голуб, доктор технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України***

***С.М. Кухарець, кандидат технічних наук
Житомирський національний агроекологічний університет***

Наведені результати моделювання гумусного стану ґрунту на основі потоків та запасів вуглецю гумусу в ґрунті та органічного вуглецю негумусної природи – органічних решток та органічних добрив.

Гумус, вуглець, продуктивність, модель, динаміка.

Постановка проблеми. Агроекосистема повинна регулюватися людиною. Будь-яке підвищення продуктивності агроекосистеми вимагає підвищення витрат енергії, в т.ч. антропогенної. Вони ідуть на підтримання енергопотенціалу агроекосистеми або на зміну умов його реалізації.

© Г.А. Голуб, С.М. Кухарець, 2015

Величина потоку антропогенної енергії залежить від мети, яку ставить виробник сільськогосподарської продукції, в основному це отримання максимального доходу шляхом зниження енергоємності продукції. Досягається це або зниженням енерговитрат при фіксованому рівні продуктивності, або випереджаючим приростом продуктивності до приросту енерговитрат. Перше завдання вирішується шляхом раціональної організації праці і виробництва, заміною енергоємних операцій менш енергоємними, друге – збільшенням рівня продуктивності системи [1]. Останнє визначається біокліматичним потенціалом, родючістю ґрунту, соціально-економічними умовами.

Зручним і оперативним показником збільшення рівня продуктивності агроєкосистеми є вміст гумусу в ґрунті [2]. Якщо при функціонуванні агроєкосистеми вміст гумусу підвищується, то можна говорити про збільшення рівня продуктивності системи. Якщо вміст гумусу в процесі функціонування агроєкосистеми не змінюється, система не змінює свій рівень продуктивності, а якщо вміст гумусу знижується, система працює із зниженням рівня продуктивності.

Аналіз останніх досліджень. Згідно із дослідженнями [3–6] моделювання гумусного стану можна провести на основі потоків та запасів вуглецю гумусу в ґрунті та органічного вуглецю негумусної природи (органічних решток та органічних добрив). Витратним статтями гумусу є: використання простих речовин гідролізу гумусу (амінокислот, амінів, амідів) рослинами для свого росту і розвитку; мінералізація гумусу мікроорганізмами; втрати гумусу в результаті ерозії.

Статтями надходження гумусу є: внесення гною і компостів, як джерела поживних речовин; залишення в полі поживних решток (частини соломи, стебел сільськогосподарських культур, гички та інших подібних органічних решток); внесення мінеральних азотних добрив для підвищення коефіцієнтів гуміфікації рослинних решток (8–10 кг/т поживних решток); коренева система, що залишилась в ґрунті після збирання основного урожаю; посіви сидеральних культур (зелене добриво); кореневі виділення органічних речовин (ескудат); мікроорганізми або мікрофауна ґрунту (до 14 т/га); мезофауна ґрунту.

Мета досліджень. Моделювання гумусного стану ґрунтового середовища під час функціонування агроєкосистеми.

Результати досліджень. Відомо, що моделювання гумусного стану можна провести на основі різних варіантів моделей, які описують потоки та запаси вуглецю гумусу в ґрунті та органічного вуглецю негумусної природи (органічних решток та органічних добрив) [3–6]. Нами вибрана модель на основі двох ємностей, яка приведена на рис. 1.

Зміна вмісту вуглецю гумусу в ґрунті може бути визначена згідно системи рівнянь [7]:

$$\begin{cases} V \frac{dY}{dt} = \Pi V - k_y YV - k_{yx} YV = \Pi V - YV(k_y + k_{yx}) = \Pi V - k_T YV; \\ V \frac{dX}{dt} = k_{yx} YV - k_x XV; \end{cases} \quad (1)$$

де: $k_y YV$ – щорічна мінералізація вуглецю негумусової природи в ґрунті, кг/га рік; $k_{yx} YV$ – щорічна гуміфікація вуглецю негумусової природи в ґрунті, кг/га рік; $k_x XV$ – щорічна мінералізація вуглецю гумусу в ґрунті, кг/га рік.

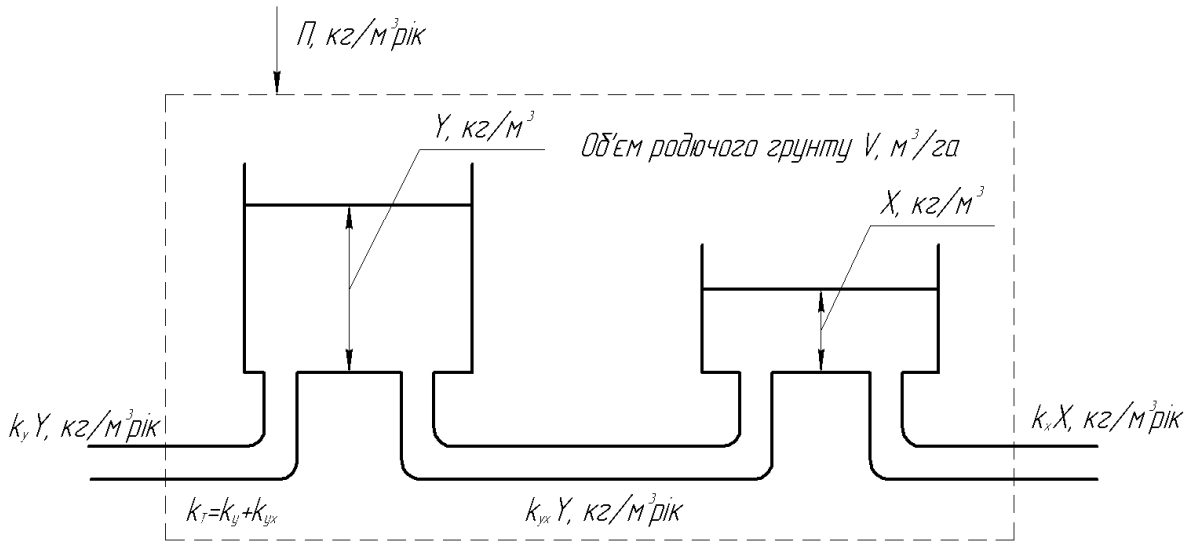


Рис. 1 Розрахунок зміни вмісту вуглецю в ґрунті: Π – щорічне надходження вуглецю негумусової природи в ґрунт, кг/м³ в рік; Y – вміст вуглецю негумусової природи в ґрунті, кг/м³; X – вміст вуглецю гумусу в ґрунті, кг/м³; V – об’єм родючого шару ґрунту, м³/га; k_y – коефіцієнт щорічної мінералізації вуглецю негумусової природи в ґрунті, відн. од./рік; k_{yx} – коефіцієнт щорічної гуміфікації вуглецю негумусової природи в ґрунті, відн. од./рік; k_x – коефіцієнт щорічної мінералізації вуглецю гумусу в ґрунті, відн. од./рік; $k_T = k_y + k_{yx}$ – коефіцієнт щорічної трансформації вуглецю негумусової природи в ґрунті, відн. од./рік.

Після відповідних перетворень на основі системи (1) отримано загальний розв’язок диференційного рівняння [7], яке має вигляд:

$$\begin{aligned} X = & \frac{1}{k_T - k_x} \left(-X_0 k_x + \frac{k_{yx}}{k_T} \Pi - \left(\frac{dX}{dt} \right)_0 \right) \exp(-k_T t) + \\ & + \frac{1}{k_T - k_x} \left(\left(\frac{dX}{dt} \right)_0 + X_0 k_T - \frac{k_{yx}}{k_x} \Pi \right) \exp(-k_x t) + \frac{k_{yx}}{k_x k_T} \Pi. \end{aligned} \quad (2)$$

При $t=0$ вміст вуглецю гумусу становить $X_t = X_0$, а при $t = \infty$ вміст гумусу становить:

$$X_t = \frac{k_{yx}}{k_x k_T} \Pi. \quad (3)$$

На основі рівняння (2) встановлено, що для того, щоб не допустити дегуміфікації цілинного ґрунту і утримати початковий вміст гумусу, необхідно щорічно вносити в ґрунт вуглець негумусової природи в кількості:

$$\Pi = \frac{k_x k_T}{k_{yx}} X_0. \quad (4)$$

Для перевірки представленої моделі динаміки зміни вмісту вуглецю гумусу, було використано дані Г.Я. Чесняка та М.К. Шихули [8, 9] за Михайлівським стаціонарним дослідом для сівозміни із багаторічними травами (див. табл. 1).

Згідно даних таблиці побудовано порівняльні графіки (рис. 2), на основі яких можна стверджувати, що представлена модель динаміки вмісту вуглецю гумусу в родючому прошарку ґрунту є адекватною та дозволяє виконувати відповідні розрахунки.

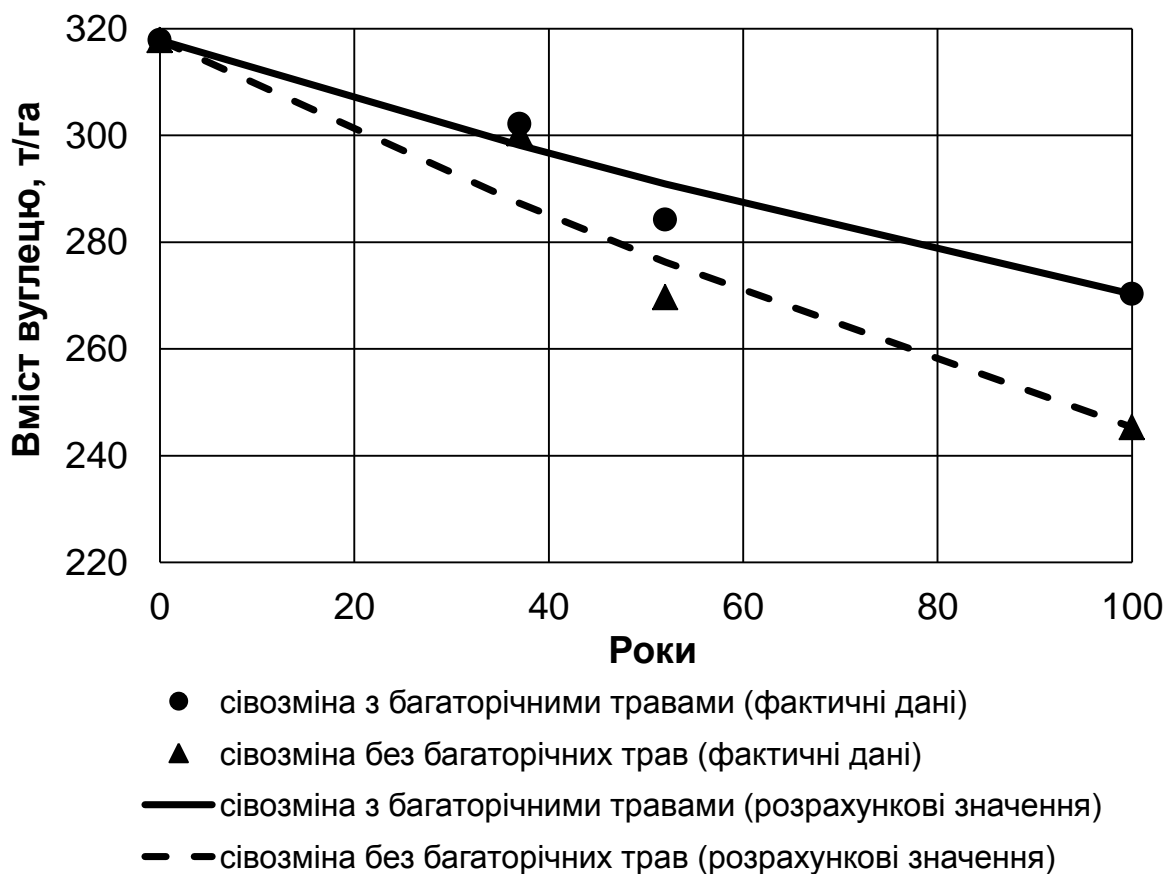


Рис. 2. Порівняння фактичних і розрахункових значень зміни вуглецю гумусу в ґрунті.

1. Результати перевірки математичної моделі, що опи- сує зміну вмісту вуглецю гумусу за даними польового стаці- онарного досліджу на чорноземі типовому Михайлівській цілини (прошарок ґрунту до 1м).

Час від по- чатку розо- рювання ці- лини, років	Запаси гумусу та вуглецю гумусу в ґрунті (за даними Чесняка Г.Я.), т/га			
	сівозміна з багаторічними тра- вами		сівозміна без багаторічних трав	
	запаси гумусу	запаси вуглецю	запаси гумусу	запаси вуглецю
0	548	317,84	548	317,84
37	521	302,18	518	300,44
52	490	284,2	465	269,7
100	466	270,28	423	245,34
Додаткові вихідні дані			сівозміна з ба- гаторічними травами	сівозміна без ба- гаторічних трав
Щорічне надходження вуглецю негумусової природи в ґрунт Π , т/га			3,12	2,52
Коефіцієнт щорічної гуміфікації вуглецю не- гумусової природи k_{yx} , відн. од.			0,2	0,2
Коефіцієнт щорічної мінералізації вуглецю гумусу в ґрунті k_x , відн. од.			0,0038	0,0044
Коефіцієнт щорічної трансформації вуглецю не гумусової природи k_T , відн. од.			1,0	1,0
Початковий вміст вуглецю гумусу в ґрунті X_0 , т/га			317,84	317,84
Початкова швидкість зміни вмісту вуглецю в гумусі $\left(\frac{dX}{dt}\right)_0$			-0,4756	-0,725
Постійна диференційного рівняння C_1			-0,096	-0,174
Постійна диференційного рівняння C_2			152,03	203,76
Вміст вуглецю гумусу в ґрунті в усталеному режимі X_t , т/га			165,91	114,26
Час від по- чатку розо- рювання ці- лини, років				
Розраховано згідно запропонованої моделі, т/га				
	сівозміна з багаторічними тра- вами		сівозміна без багаторічних трав	
	запаси гумусу	запаси вуглецю	запаси гумусу	запаси вуглецю
0	548	317,84	548	317,84
37	514	298,19	495	287,33
52	502	290,93	476	276,25
100	466	270,28	423	245,34

Відхилення розрахункових значень вмісту вуглецю гумусу від фактичних оцінювалося індексом детермінації (квадрат кореляційно- го відношення), який становив для сівозміни із багаторічними трава- ми 0,952, а для сівозміни без багаторічних трав – 0,931.

Висновок. Представлена модель динаміки вмісту вуглецю гумусу в родючому прошарку ґрунту є адекватною та дозволяє виконувати розрахунки вмісту вуглецю гумусу в ґрунтах. Індекс детермінації, на основі значень якого оцінювалося наближення розрахункових значень вмісту гумусу та фактичних, становить для сівозміни із багаторічними травами 0,952, а для сівозміни без багаторічних трав – 0,931.

Список літератури

1. Булаткин Г.А., Энергетическая эффективность земледелия и агроэкосистем: взаимосвязи и противоречия / Г.А. Булаткин, В.В. Ларионов // Агрехимия. – 1997. – № 3. – С. 63–66.
2. Шидула М.К. Вирощування екологічно безпечної продукції рослинництва в ґрунтозахисному землеробстві // Відтворення родючості ґрунтів в ґрунтозахисному землеробстві / За ред. М.К. Шидули. – К.: Оранта, 1998. – С. 453–459.
3. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні : монографія / М.К. Шидула, С.С. Антонець, А.Д. Балаєв, та ін.; за ред. М.К. Шидули. – К.: Оранта, 2000. – 389 с.
4. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві : монографія / М.К. Шидула, С.С. Антонець, В.О. Андрієнко, та ін.; за ред. М.К. Шидули. – К.: Оранта, 1998. – 680 с.
5. Шидула М.К. Біохімічний механізм відтворення гумусу і саморегуляції ґрунтової родючості / М.К. Шидула, Д.О. Мельничук, Н.М. Рідей, С.П. Rogovський // Відтворення родючості ґрунтів в ґрунтозахисному землеробстві / За ред. проф. М.К. Шидули. – К.: Оранта, 1998. – С. 453–459.
6. Голуб Г.А. Техніко-технологічне забезпечення енергетичної автономності агроекосистем / Г.А. Голуб // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 4. – С. 303–312.
7. Голуб Г.А. Моделювання гумусного стану ґрунтового середовища агроекосистеми / Г.А. Голуб, С.М. Кухарець // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 2. – С. 20–27.
8. Родючість ґрунтів: моніторинг та управління / В.В. Медведєв, Г.Я. Чесняк, Т.М. Лактіонова та ін. ; за ред. В.В. Медведєва. – К.: Урожай, 1992. – 248 с.
9. Як зберегти і підвищити родючість чорноземів / За ред. Б.С. Носка, Г.Я. Чесняка. – К.: Урожай, 1984. – 200 с.

Приведены результаты моделирования гумусного состояния почвы на основе потоков и запасов углерода гумуса в почве и органического углерода негумусной природы – органических остатков и органических удобрений.

Гумус, углерод, производительность, модель, динамика.

The simulation humus soil based flows and stocks of carbon in soil humus and organic carbon don't humus source – organic residues and organic fertilizers are given.

Humus, carbon, productivity, model, dynamics.

ОБГРУНТУВАННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОДРІБНЮВАЧА НОЖОВО-ШТИФТОВОГО ТИПУ

*І.І. Ревенко, доктор технічних наук
Р.Г. Василенко, інженер*

Наведена методика визначення конструктивних параметрів комбінованого подрібнювального апарату. Розглянуті умови розрахунку працездатності машин, з апаратами такого типу.

Стеблові, подрібнення, розрахунок, ніж, штифт.

Постановка проблеми. Запропонована нами модель подрібнювача стеблових кормів [7] потребує розробки методики розрахунку конструктивних параметрів. Існуючі методи не дають можливості визначати параметри робочих органів подрібнювачів стеблових кормів комбінованого типу, в яких ножовий різальний апарат, взаємодіє із штифтовим. Між тим ця взаємодія має певні технологічні особливості, які слід враховувати при обґрунтуванні та розрахунку параметрів машин.

Аналіз останніх досліджень, літературних і патентних джерел свідчать що, питання розрахунку параметрів робочих органів машин для подрібнення матеріалів, зокрема стеблових досить широко вивчаються [4–6, 8]. Відома інформація стосується порядку та способів розрахунку параметрів машин, їх окремих елементів, оптимальних співвідношень конструктивних показників та взаємозалежностей між технологічними ланками подрібнювачів різних типів.

Використання якогось одного способу подрібнення та одноступеневих апаратів не забезпечують високих якісних та економічних показників переробки сухих стеблових матеріалів [6, 9]. В зв'язку з цим виникає доцільність ступеневого їх подрібнення, що досягається поєднанням кількох способів подрібнення та використання робочих органів різного типу. При цьому методика розрахунку параметрів які повинні враховувати і перехідні процеси комбінованих апаратів.

Мета досліджень. Оптимальних показників роботи можна досягнути лише при збалансованості роботи всіх складових елементів машини та обґрунтованому визначенні основних параметрів. Розрахунок їх без попереднього теоретичного аналізу приводить до зростання затрат часу та коштів на розробку машин. Тому метою даної роботи є обґрунтування теоретичних передумов та розробка методики розрахунку подрібнювачів комбінованого типу з урахуванням перехідних процесів.

© І.І. Ревенко, Р.Г. Василенко, 2015

Результати досліджень. Комбінований подрібнювальний апарат (ножово-штифтовий) передбачає [7], що вихідна сировина (стеблові матеріали) спочатку надходить до різальної пари для попереднього подрібнення поперек волокон після якого частки крилаткою спрямовуються в штифтовий подрібнювальний апарат. В ньому стеблові матеріали розщеплюються вздовж волокон зминаються і частково перетираються штифтами та лопатями. Продукти подрібнення повітряним потоком, що створюється крилаткою, видаляються з робочої камери. В результаті такої переробки отримуються корма високої якості, які краще змочуються слиною тварин чи відповідними поживними розчинами легше пережовуються і перетравлюються в шлунку. Відповідно до конструкції подрібнювача продуктивність штифтового подрібнювального апарата $Q_{ш}$, повинно бути не нижче за продуктивність ножового подрібнювального апарата $Q_{н}$, тобто:

$$Q_{ш} \geq Q_{н}. \quad (1)$$

Продуктивність ножового різального апарата визначають за формулою [8]:

$$Q_{н} = ablk\gamma n, \quad (2)$$

де: a і b – відповідно ширина та висота завантажувальної камери; l – задана довжина різки; γ – щільність матеріалу при вході в камеру подрібнення; k – кількість ножів різального апарату; n частота обертання ротора s^{-1} .

Розміри завантажувальної горловини, в свою чергу, впливають на розміри подрібнювальної камери та крилатки і обумовлюють зону розташування нерухомих штифтів.

Можливий радіус розташування штифтів $r_{ш}$ обмежений з одного боку, радіусом робочої камери ($r_{к}$), а з іншого – максимальним радіусом різання ножа $r_{м}$. (рис. 1) і складає:

$$r_{ш} = \frac{r_{к} + r_{м}}{2}. \quad (3)$$

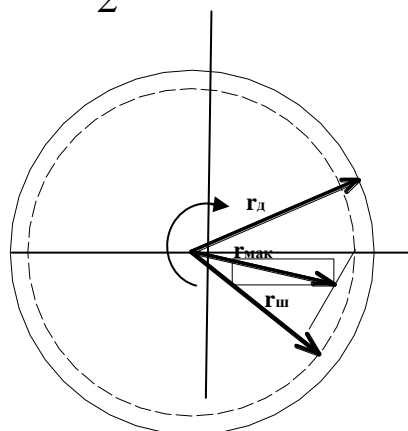


Рис. 1. Схема до визначення радіуса установки штифтів.

Параметри ножового подрібнювача та радіус розташування штифтів є вихідним параметром для подальших технологічних розрахунків і обумовлюють продуктивність подрібнювача другого ступеню подрібнення. Для подальших розрахунків вважаємо радіально розміщені штифти протирізами та сепаруючою поверхнею площа якої обумовлена висотою штифтів та кроком штифтів в колі (рис. 2). І подрібнення матеріалу має відбуватися за один пропуск (цикл обертання крилатки).

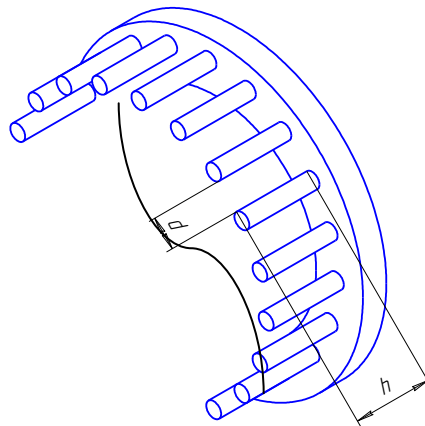


Рис. 2. Схема до визначення параметрів сепаруючої поверхні штифтового апарата: d – крок між штифтами; h – висота штифта.

Відрізаний ножовим подрібнювальним апаратом матеріал потрапляє в зону взаємодії активних лопатей та нерухомих штифтів. Відповідно умові (1) крізь штифтовий апарат за час t_0 одного оберту ротора має пройти весь матеріал, зрізаний за той же один оберт ротора. Об'єм матеріалу V , відрізаний за один оберт ножа, залежить від швидкості подачі матеріалу u_n (заданої довжини різки l) в робочу камеру подрібнення та площі завантажувальної горловини S_f :

$$V = S_f \frac{u_n}{t_0} \quad (4)$$

В процесі роботи подрібнювача подача матеріалу від різального апарату до штифтового відбувається порціями (рис. 3). Крива R показує траєкторію руху матеріалу, який проходить крізь штифтову поверхню камери подрібнення. За час t_k проходження одного кроку b крізь зазор між сусідніми штифтами пройде лише певна кількість матеріалу. Час t_k обумовлюється швидкістю обертання крилатки, та радіальним кутом β розміщення штифтів.

Завдання апарату другого ступеня обробки корму полягають в руйнуванні зовнішньої оболонки стебла та максимальному розщепленні його вздовж волокон за рахунок удару. Це досягається за допомогою взаємодії біла крилатки та нерухомих штифтів [7] (рис. 4). на частки попередньо подрібненого стебла.

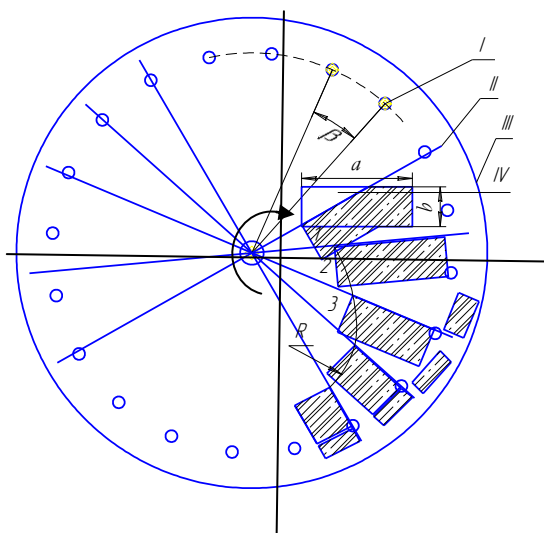


Рис. 3. Схема руху матеріалу в робочій камері подрібнювача: I – нерухомі штифти, II – крилатка, III – бокова стінка камери подрібнення, IV – завантажувальна горловина, а і b – відповідно ширина та висота горловини, м; R- траєкторія руху матеріалу; β – радіальний кут розміщення нерухомих штифтів град.; 1,2,3,-послідовність положень лопаті.

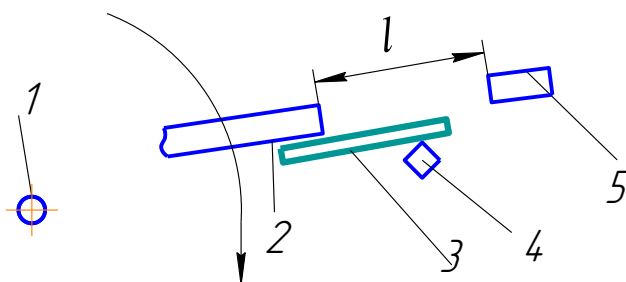


Рис. 4. Схема взаємодії крилатки та штифта з частками стебла: 1 – вісь обертання, 2 – било крилатки, 3 – частка матеріалу, 4 – штифт, 5 – крилатка.

При одночасному контакті частки з крилаткою та штифтом виникає удар, що сприяє утворенню нових поверхонь в матеріалі. Відстань L (рис. 4) між рухомими билами крилатки доцільно прийняти близькою до заданої довжини часток. За такої умови буде виникати удар по часточці билем крилатки 4 з підпиранням частки лише з одного боку. За такої умови частка згинається.

При витриманих зазорах між рухомими та нерухомими елементами подрібнювального елемента можна визначити кут β , розміщення штифтів по колу за формулою:

$$\beta = \frac{\omega}{t}, \quad (5)$$

де: ω – кутова швидкість руху крилатки, t – час за який частка переміститься від била до штифта (пройде шлях l).

Час t залежить від швидкості руху частки при сході з лопаті V_r та зазору між крилаткою та штифтом $l/2$:

$$t = \frac{l}{2v_r}. \quad (6)$$

Тут варто зауважити що радіальна швидкість частки по крилатці може змінюватись в процесі подрібнення, та для теоретичних досліджень приймемо цю швидкість є сталою величиною. З урахуванням кута розміщення штифтів легко визначити їх кількість:

$$Z_u = \frac{360}{\beta}. \quad (7)$$

Тоді залежно від радіусу розміщення штифтів можна визначити відстань між сусідніми штифтами по колу:

$$d = \frac{2\pi R}{Z_u}. \quad (8)$$

Питома пропускна здатність штифтового подрібнювального апарату становить:

$$Q_{num} = dLV_{at\kappa}\gamma. \quad (9)$$

Звідси пропускна здатність всього апарату визначається за формулою

$$Q = dLV_{at\kappa}\gamma(z-1). \quad (10)$$

де: d – крок штифтів по колу, м; L – ширина камери подрібнення (рис. 2); V_a – швидкість руху матеріалу, м/с; z – кількість штифтів; γ_p – об'ємна маса стеблової різки, кг/м³.

За умови узгодження продуктивності подрібнювальних апаратів (ножового і штифтового) ширина робочої камери буде становити:

$$L = \frac{Q_n}{dV_{at\kappa p}\gamma(z-1)}. \quad (11)$$

Отже продуктивність подрібнювача стеблових кормів залежить від ряду змінних величин, а саме: швидкості подачі корму на різку; кроку між нерухомими штифтами (пропускної здатності сепаруючої поверхні); ширини камери подрібнення другого ступня.

Також робимо припущення, що зазор між билем та штифтом визначає якість розщеплення стебел подрібнювального матеріалу.

Висновок. Отже, робочий процес ножово-штифтового подрібнювача стеблових кормів характеризується технологічними параметрами: розміром завантажувальної горловини; кроком штифтів; зазорами між рухомим билем та нерухомим штифтом; шириною робочої камери. Порядок розрахунків технологічних показників описуються теоретичними математичними моделями, що забезпечують визначення технологічних параметрів подрібнювача.

Список літератури

1. Агамиров Л.В. Сопротивление материалов краткий курс / Л.В. Агамиров. – М.: ООО «Издательство Астрель», ООО «Издательство АСТ», 2003. – 256 с.
2. Василенко П.М. Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960. – 283 с.
3. Кукта Г.М. Технология переработки и приготовления кормов / Г.М. Кукта. – М.: Колос, 1978. – 240 с.
4. Кулаковский И.В. Машины и оборудование для приготовления кормов. Справочник / Кулаковский И.В., Кирпичников Ф.С., Резник Е.И. – М.: Россельхозиздат, 1987. – Т. 1. – 287 с.
5. Охріменко А.Л. Обґрунтування технологічного процесу і параметрів робочих органів подрібнювача роздавача пресованих грубих кормів : Автореферат дис. на здобуття н. ст. д.т.н. – М.: 1992. – 42 с.
6. Пикуза И.Ф. Машины для приготовления и раздачи грубых и сочных кормов (теория и расчет) : курс лекций ; часть 1 / И.Ф. Пикуза. – Ростов-на-Дону, 1970. – 187 с.
7. Деклараційний патент на корисну модель 8273 А 01F29/00. Подрібнювач стеблових кормів / І.І. Ревенко, Р.Г. Василенко. – 4 с.
8. Резник Е.И. Машины и оборудование для обработки грубых кормов / Е.И. Резник. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 84 с.
9. Резник Е.И. Оценка качества измельчения грубых кормов / Е.И. Резник, С.В. Рыжов // Техника в сельском хозяйстве. – 1986. – №4. – С. 28–29.

Представлена методика расчета конструктивных параметров комбинированного измельчающего аппарата. Рассмотрены условия расчета работоспособности машины.

Stalked, feed, shredder, calculation, knife, pin.

A procedure for calculating the structural parameters of the combined grinding apparatus. The conditions for calculating the performance of the machine.

Stalked, feed, shredder, calculation, knife, pin.

УДК 631.3:636+621.89

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРУ СПРАЦЮВАННЯ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ У ФЕРМСЬКИХ МАШИНАХ

В.І. Ребенко, кандидат технічних наук

Приведено теоретичні та експериментальні результати визначення характеру спрацювання мастильних матеріалів, що використовуються у фермській техніці, за комплексними показниками вибігу.

© В.І. Ребенко, 2015

Мастильні матеріали, фермські машини, технічне обслуговування, показники вибігу, спрацювання.

Постановка проблеми. Одним із шляхів економії мастильних матеріалів (ММ) є правильно організований режим мащення при технічному обслуговуванні (ТО) кожної машини, який дозволить своєчасно замінювати працюючі ММ при максимально повному використанні їхнього ресурсу. Встановлена діючими правилами ТО періодичність не враховує їх фактичний стан на момент заміни. ММ, які замінюються за регламентом, часто не повністю відпрацьовують свій ресурс, проте іноді певний час працюють в граничному стані, чим інтенсифікують зношування деталей і можуть бути причиною серйозних несправностей та відмов машин. Об'єктивне і точне визначення дійсного робочого стану ММ (діагностика) дасть можливість прийняти рішення про доцільність його подальшого використання чи заміни і провести необхідні види робіт з ТО і ремонту фермських машин. Крім того, в сільськогосподарському виробництві використовується досить широка номенклатура (тільки в галузі тваринництва 18 найменувань (в т.ч. й дефіцитні або застарілі) ММ), що значною мірою ускладнює організацію ТО фермських машин.

У зв'язку з цим актуальними є дослідження, направлені на визначення терміну служби ММ при забезпеченні нормативного ресурсу вузлів тертя фермських машин і обладнання, а також на обґрунтування номенклатури ММ для сільськогосподарських тваринницьких підприємств.

Аналіз останніх досліджень. Огляд літератури, присвяченої ТОР машин для тваринництва, а також аналіз умов їх роботи показали, що ефективність ТО значною мірою залежить від режиму змащування. Аналіз наукової інформації з питань старіння ММ [1, 7] показав високу вивченість цих процесів у двигунах і сільськогосподарських машинах, проте стосовно фермських машин вони недостатньо розглянуті. Відсутні також методи і практичні критерії для комплексної оцінки робочого стану ММ. Вивчення заводських інструкцій з експлуатації машин та обладнання для тваринництва дозволяє стверджувати, що приведені в них рекомендації щодо мащення не завжди однозначні і достатньо обґрунтовані.

В зв'язку з відміченим станом виникає необхідність у дослідженні причин та характеру спрацювання ММ, обґрунтуванні критеріїв і кількісній оцінці величини спрацювання, визначенні раціонального терміну їх використання та необхідного режиму ТО фермських машин.

Мета досліджень. Визначення характеру спрацювання та підвищення ефективності використання ММ у засобах механізації тваринництва.

Результати досліджень. Під час експлуатації машин під дією різних факторів технічного стану вузлів тертя та зовнішнього середовища параметри ММ суттєво погіршуються. За кожним показником, який впливає на процес старіння, досліджувати ММ надто складно, тому виникає необхідність прийняти комплексний показник якості ММ k як сукупність впливу всіх показників.

Згідно загальної теорії старіння [6] професора Селіванова А.І. допустимо, що вплив всіх факторів, які визначають комплексний показник якості ММ під час нормальної експлуатації має лінійний характер:

$$k = k_0 - a \cdot t, \quad (1)$$

де: k_0 – початкова виличина комплексного показника якості; a – усереднена інтенсивність зміни показника від наробітку; t – час роботи ММ.

При умові, що комплексний показник якості ММ (k) лінійно впливає на інтенсивність спрацювання деталей (i), проведемо інтерполяцію від початкового k_0 до граничного значення k_{lim} в координатах (k, i). Порівнюючи фактичне k_ϕ і граничне k_{lim} значення комплексного показника якості, можна визначити ступінь зміни ресурсних можливостей ММ:

$$\delta = (k_0 - k_\phi) / (k_0 - k_{lim}) \quad (2)$$

і спрогнозувати залишковий ресурс R (рис. 1):

$$R = t_{lim} - t_\phi. \quad (3)$$

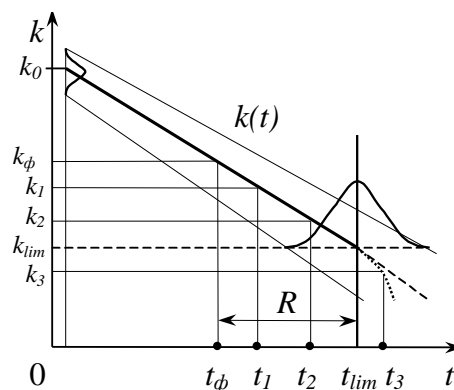


Рис. 1. Імовірнісна залежність комплексного показника якості від наробітку ММ.

Реальні значення показника k від наробітку можуть мати певне розсіювання. Тоді усереднений остаточний ресурс і довірчий його інтервал враховуючи упереджувальний ризик (t_σ) визначаємо за формулою:

$$R = t_{lim} - t_{\phi} - t_{\sigma}. \quad (4)$$

Граничний стан ММ за комплексним показником якості встановлюємо двома способами:

- а) при початку прискореної зміни показник (рис. 1);
- б) при досягненні граничного рівня хоча б одного з фізико-хімічних або триботехнічних показників.

Перший спосіб вимагає проведення досить тривалих ресурсних досліджень. При нормальній експлуатації показник k зменшується поступово, монотонно і прямолінійно, тому похідні процесу:

$$k'(t) = const, \quad k''(t) = 0 \quad (5)$$

Досягаючи t_{lim} граничного спрацювання ММ спрацювання його збільшується прискорено і значення комплексного показника якості різко погіршується. Умова (5) описується:

$$k'(t) \neq const, \quad k''(t) \neq 0 \quad (6)$$

Причини цього є досягнення граничних змін окремих фізико-хімічних параметрів або критичні ефекти їх взаємодії. Тому цей момент слід вважати граничним станом ММ та критерієм недоцільності подальшого його використання. При практичному визначенні інтенсивності зменшення комплексного показника встановлюємо дві точки з відомими значеннями (k_1, k_2):

$$k'(t) = (k_1 - k_2)/(t_2 - t_1). \quad (7)$$

Прискорення зміни показника k визначаємо як мінімум за трьома точками з його відомими значеннями (k_1, k_2, k_3) в часі (відповідно t_1, t_2, t_3). При цьому інтенсивність його зміни:

$$k''(t) = \frac{\frac{k_1 - k_2}{t_2 - t_1} - \frac{k_2 - k_3}{t_3 - t_2}}{t_3 - t_1} \quad \text{або} \quad k''(t) = \frac{k_1}{(t_2 - t_1)(t_3 - t_1)} - \frac{k_2}{(t_2 - t_1)(t_3 - t_2)} - \frac{k_3}{(t_3 - t_2)(t_3 - t_1)}. \quad (8)$$

В інтервалі короткого часу, коли прискорення $k''(t) \neq 0$ показує, що комплексний показник досягає граничного рівня k_{lim} .

Граничну величину за іншим варіантом визначаємо за максимальним значенням комплексного показника якості ММ, які знаходяться в критичному стані за одним з фізико-хімічних або триботехнічних показників.

Характеризуючи функціональний стан ММ обґрунтовуємо показники вибігу (кількість обертів і час вибігу), які сумарно оцінюють витрати енергії на подолання тертя кочення та ковзання в підшипнику, внутрішнє тертя в рідині при перемішуванні і зовнішнє тертя поверхонь тіл обертання в оточуючому середовищі. Величину впливу складових загального тертя на показники вибігу оцінюємо експериментально. Вибіг маховика (на лабораторній установці) – це енергетичний процес, на який впливають інерційність та рівень механічних втрат рухомої системи. Інерційність, в свою чергу, залежить від маси маховика, його швидкісних та геометричних

параметрів, а механічні втрати – від навантаження, температури, коефіцієнту тертя, тощо.

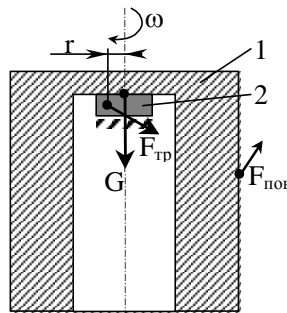


Рис. 2. Схема дії сил у вузлі тертя: 1 – тіло обертання (маховик); 2 – вузол тертя.

Під час обертання маховика (рис. 2), розкрученого до кутової швидкості ω_0 , на нього діють сила тяжіння G , сила тертя в підшипниковій опорі $F_{тр}$ та сила опору повітря $F_{пов}$. В установці з вертикальною віссю обертання сила тяжіння направлена вздовж цієї осі і не створює моменту опору. В процесі вільного вибігу маховика сума моментів зовнішніх сил ($\sum M_i$) буде становити:

$$\sum_{i=1}^n M_i = M_m + M_{тр} + M_{пов} = 0 \quad (9)$$

де: M_m – момент обертання маховика; $M_{тр}$ – момент тертя у підшипниковому вузлі; $M_{пов}$ – момент тертя поверхонь маховика у повітрі, який показує незначний (0,3%) його вплив. Тому надалі його можна знехтувати.

Тоді приведенний момент сил тертя буде мати вигляд:

$$M_{тр} = F_{тр} \cdot r = G \cdot f \cdot r \quad (10)$$

де: G – навантаження на вузол тертя, Н; r – усереднений радіус бігової доріжки підшипника, м; f – приведенний коефіцієнт тертя, є величиною змінною, що залежить від кутової швидкості ω .

При аналізі вибігу від ω_0 до повної зупинки вводимо значення середнього коефіцієнту тертя f_{cp} , тоді маємо:

$$I_z \frac{d^2 \varphi}{d\tau^2} = -G \cdot f_{cp} \cdot r \quad (11)$$

де: φ – кут повороту маховика; $d\varphi/d\tau = \omega$ – кутова швидкість; $d^2\varphi/d\tau^2 = \varepsilon$ – кутове прискорення.

Розв'язання цього рівняння при початкових ($\tau=0, \omega=\omega_0, \varphi=0$) і кінцевих умовах ($\tau=\tau_{зуп}, \omega=0, \varphi=\varphi_{зуп}$) дає час до повної зупинки:

$$\tau_{зуп} = \frac{I \cdot \omega_0}{G \cdot r \cdot f_{cp}} \quad (12)$$

При цьому кут повороту маховика:

$$\varphi_{зуп} = \frac{I \cdot \omega_0^2}{2G \cdot r \cdot f_{cp}} \quad (13)$$

Число обертів до повної зупинки маховика визначаємо відношенням:

$$Z = \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{I \cdot \omega_0^2}{4\pi \cdot G \cdot r \cdot f_{cp}}, \quad (14)$$

звідки усереднений коефіцієнт тертя f_{cp} буде:

$$f_{cp} = \frac{I \cdot \omega_0^2}{4 \cdot \pi \cdot G \cdot r \cdot Z} \quad \text{або} \quad f_{cp} = \frac{I \cdot \omega_0}{G \cdot r \cdot \tau_{зуп}} \quad (15)$$

Тому отримані значення усередненого коефіцієнту тертя зумовлюють загальний рівень витрат енергії на подолання тертя у підшипнику у процесі вибігу маховика. Використання у вузлі тертя різних за якістю та функціональним станом ММ значення коефіцієнтів тертя будуть змінюватися, тому і показники вибігу теж будуть відрізнятись. Така закономірність дає змогу застосувикористовувати показники вибігу як діагностичний параметр фактичного стану ММ. При проведенні випробувань було створено дослідницький комплекс, що складався з комп'ютера, перетворювача, однієї або декількох випробувальних установок і допоміжного обладнання та проб ММ.

На базі нового способу [2] виготовлені дослідні установки з горизонтальною та вертикальною осями обертання (рис. 3, [3]). Вони складаються з корпусу 1, одного або двох підшипникових вузлів тертя 2, маховика 3, закріпленого на валу 4, роз'ємної муфти 7, електроприводу 8 і безконтактного реєстратора 5-6, з'єднаного з комп'ютером.

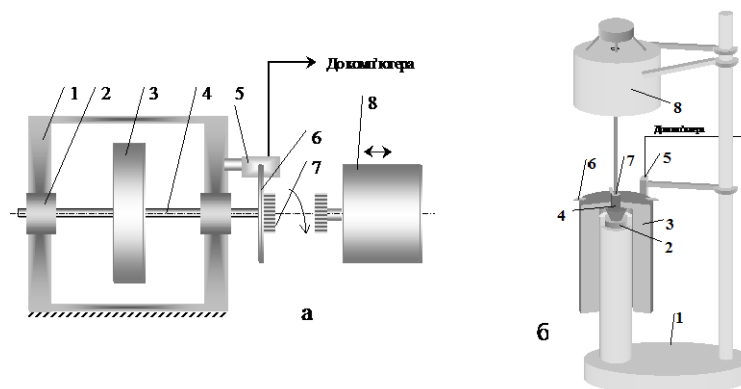


Рис. 3. Схеми експериментальних установок з горизонтальною (а) та з вертикальною (б) осями обертання.

Електронна схема використовується для утворення і передачі електричних сигналів від оптичних датчиків до комп'ютера без витрат енергії маховика. Для забезпечення точності експерименту використовуємо оптичні датчики – світло- та фотодіоди, що працюють в інфрачервоному спектрі і не впливають на процес вибігу. Навантаження на вузол тертя забезпечуємо зміною маховиків різної маси.

Випробування проводили так. Поверхні тертя підшипників ретельно миють та висушують, наносять на них фіксовану кількість досліджуваного ММ. Після збирання установки і з'єднання з комп'ютером маховик розганяли до визначеної швидкості обертання електродвигуном 8 через роз'ємну муфту 7. Контроль швидкості здійснювали з використанням комп'ютера і оптичного реєстратора 6. Досягаючи заданої швидкості маховика завдяки роз'ємній муфті 7 від'єднували електропривод 8 і маховик 3 пускали у вільний вибіг. При цьому комп'ютер реєстрував всі показники вибігу. Маховик повільно зменшував швидкість обертання до повної зупинки. Реєстрація параметрів вибігу комп'ютером починалась автоматично відповідно розробленої програми при досягненні визначеної початкової частоти обертання ω_0 і закінчувалась при досягненні контрольної кінцевої частоти обертання ω_k або після повної зупинки маховика. Комп'ютер сразу будував діаграму вибігу (рис. 4) і оброблені дані запам'ятовував у файлі.

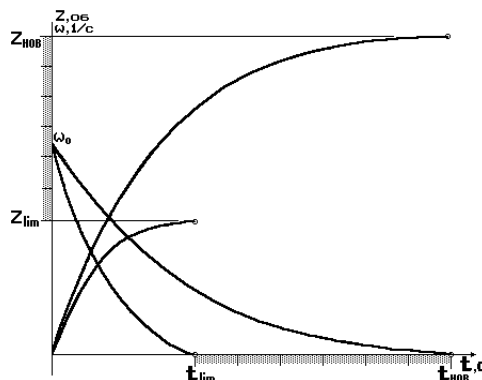


Рис. 4. Графіки вибігу маховика для ММ з різним напрацюванням.

За показниками та характеристиками процесу вибігу і відхиленнями параметрів від еталонних значень визначаються експлуатаційні властивості досліджуваного ММ. Інтервали ($t_{\text{нов}} \dots t_{\text{lim}}$) та ($Z_{\text{нов}} \dots Z_{\text{lim}}$) вважаються шкалами оцінки функціонального стану і напрацювання ММ.

Визначенням характеру зміни триботехнічних показників залежно від напрацювання олив виявлено, що в процесі нормальної експлуатації протизношувальні характеристики змінюються повільно

з поступовим зниженням. При напрацюваннях рідких ММ більше 2000 годин погіршення їх протизношувальних властивостей суттєво прискорюється досягаючи критичного рівня.

Кореляційний аналіз результатів досліджень виявив тісний зв'язок між показниками вибігу і триботехнічними та фізико-хімічними показниками (коефіцієнти кореляції дорівнюють 0,89...0,98). Тому можна зробити висновок, що зміна показників вибігу для ММ у період терміну використання пов'язані з фізико-хімічними та триботехнічними показниками лінійною залежністю, і їх рекомендуємо використовувати для оцінки функціонального стану ММ під час експлуатації.

При визначенні характеру спрацювання ММ проводили лабораторні та експлуатаційні експерименти [4, 5]. На підставі періодичних вимірювань визначено зміну показників вибігу від терміну безперервної роботи установки з вертикальною віссю обертання (рис.5). На початковому етапі експлуатації характерне швидке зростання показників вибігу, яке обумовлюється припрацюванням ММ в певній системі тертя. Далі показники стабілізуються і поступово та монотонно знижуються. Це зниження зумовлюється процесами спрацювання всієї системи.

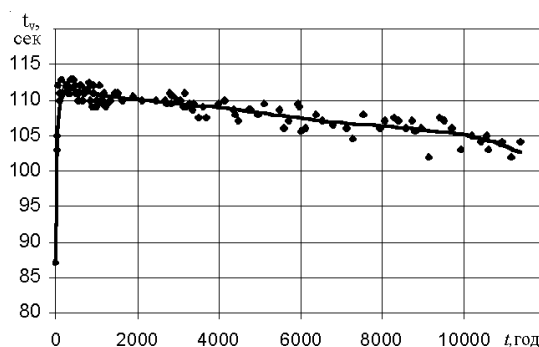


Рис. 5. Зміна часу вибігу (t_v) від часу напрацювання (t_e) оливи ТАп-15В (приведено до 20°C).

Для розділення впливу старіння ММ і зношування елементів вузлів тертя провели повторні експерименти при однакових режимах роботи і нових пробах ММ тієї ж партії. Співставлення отриманих значень показників вибігу з попередніми виявлено, що за період досліджень (1,5 року) вплив зношування вузлів тертя був незначним (0,5–1,0%), тому далі при наступних вимірюваннях його не враховували. Стабільні умови роботи установки зумовлювали надто повільне погіршення властивостей ММ, тому паралельно проводився експлуатаційний експеримент. В дослідних господарствах на тваринницьких фермах були підготовлені різні технологічні машини (перебрані, промиті і заправлені свіжою оливою

ТАп-15В, відрегульовані згідно технічних вимог). Вони працювали в звичайних для них умовах і режимах експлуатації. Для кожної машини реєстрували обсяг відпрацьованих годин, і під час їх технічного обслуговування проводили відбір проби для оцінки показників вибігу. Тривалість експерименту розраховувалась для простеження змін стану ММ в межах гарантованого виробником терміну придатності, а також після його закінчення (рис. 6).

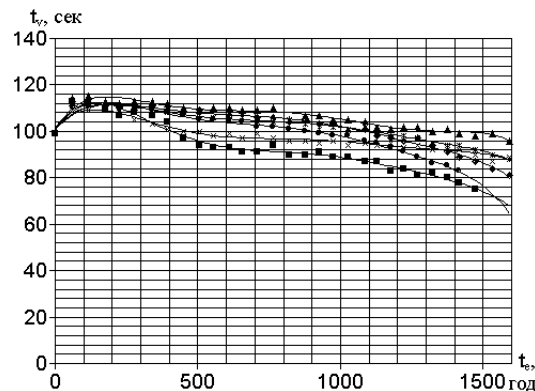


Рис. 6. Залежність функціонального стану оливи ТАп-15В за показниками вибігу (t_v) від напрацювання (t_e) у редукторах ТСН-3Б (приведено до 20°C).

Аналізуючи характеристик спрацювання ММ за показниками вибігу нами підтверджується висунута професором А.Селівановим загальна теорія старіння, що дає підстави стверджувати, що спрацювання ММ в період його використання (за режиму нормальної експлуатації) відбувається за лінійним законом.

Момент настання граничного стану для ММ практично встановити важко. Якщо деталі та з'єднання в граничному стані та їх робота характеризуються різким падіння характеристик, шумом, стуком, переходом на інший вид тертя, то для ММ настання граничного стану зовнішньо непомітно. Для його визначення доцільно періодично оцінювати стан не тільки самого мастильних ММ, а й деталей змащуваних ними вузлів.

В умовах експлуатації одноступінних редукторів використання оливи ТАп-15В з показниками вибігу відносно еталонного значення на рівні 68% та 72% (передграничний стан) показали, що процеси спрацювання ММ і змащуваних ними вузлів прискорюються за рахунок суттєвого накопичення продуктів зношування деталей (швидкість зношування при цьому сягає аварійного рівня).

Після аналізу понад 200 проб ММ нами була побудована узагальнена характеристика процесу спрацювання ММ (рис. 7). Дослідження проб ММ показав, що серед мастил, для яких показники вибігу були на рівні 70% і менше відносно еталонного

значення, біля половини проб знаходились в граничному стані, а з показниками вибігу на рівні 55% майже всі були в граничному стані. Аналіз роботи ММ з показниками вибігу на рівні 60% від еталонного (нового) підтвердив, що інтенсивність зношування знаходиться на рівні аварійного спрацювання і, як слідство, ММ знаходиться в граничному стані та потребує заміни.

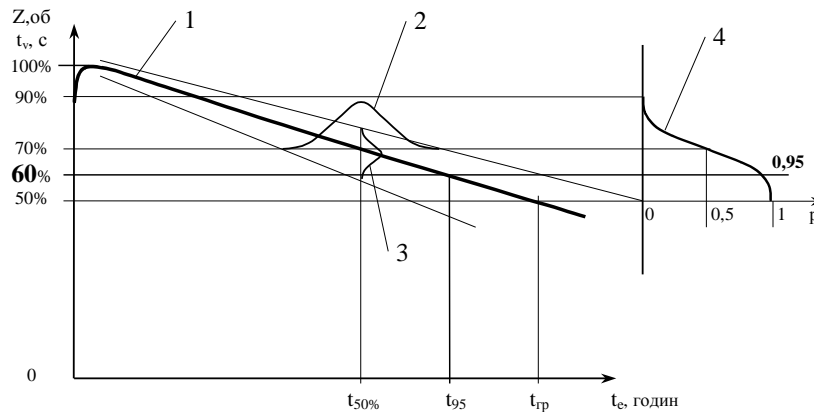


Рис. 7. Узагальнена характеристика процесів спрацювання ММ за показниками вибігу: 1 – крива усередненого рівня; 2 – поле розподілу терміну напрацювання при певному значенні функціонального стану ММ; 3 – поле розподілу показників функціонального стану при визначеному напрацюванні ММ; 4 – імовірність знаходження ММ у граничному стані.

Висновок. За результатами проведених досліджень різких змін функціонального стану ММ не зафіксовано. При великих періодах експлуатації та глибокому старінні ММ спостерігалось прискорене зношування деталей, підвищувались витрати енергії, реєструвались високі температури працюючих вузлів, характерна була підвищена шумність роботи. Дослідженнями виявлено, що серед використовуваних ММ найбільший період роботи мають індустріальні оливи, менший – трансмісійні та найменший – моторні, але всі вони дозволяють відпрацювати встановлений у паспортах машин термін і при цьому не досягають свого граничного стану. ММ з присадками при наявності вільної води дуже швидко погіршують свої властивості, тоді як індустріальні несуттєво погіршують свої властивості і задовільно виконують задані функції. Припрацювання ММ у більшості машин відбувається за 4–20 годин роботи, при цьому показники вибігу збільшуються на 7–12% порівняно з новими і досягають максимальних значень. Прискорення погіршення показників вибігу відбувається при їх величині $60 \pm 5\%$ від еталонних значень. Цей стан ММ слід вважати граничним.

Список літератури

1. *Дмитриченко М.Ф.* Триботехніка та основи надійності машин / *Дмитриченко М.Ф., Мнацаканов Р.Г., Мікосянчик О.О.* – К.: Інформавтодор, 2006. – 213 с.
2. *Патент* України №46229, МКИ G01N33/30. Спосіб визначення експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів / *Ребенко І.М., Ребенко В.І., Ревенко І.І.* (Україна). – №2001031713; Заявл. 14.03.01; Опубл. 15.05.02. Бюл. №5. – 3 с.
3. *Патент* України №52875, МКИ G01N33/30, G01N19/02. Установа для визначення експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів / *Ребенко В.І., Ребенко І.М., Ревенко І.І.* (Україна). – №2001042543; Заявл. 17.04.01; Опубл. 15.01.03. Бюл. №1. – 3 с.
4. *Ребенко В.І.* Використання мастильних матеріалів при технічному обслуговуванні фермських машин / *В.І. Ребенко.* Дисс. канд. техн. наук. – К., 2003. – 251 с.
5. *Ревенко І.І.* Оцінка експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів / *І.І. Ревенко, В.І. Ребенко* // Вісник Харківського державного університету сільськогосподарства. – Харків, 2003. – Вип. 21. – С. 124–129.
6. *Селиванов А.И.* Основы теории старения машин / *А.И. Селиванов.* – М.: Машиностроение, 1980. – 408 с.
7. *Тарельник В.Б.* Триботехнічне матеріалознавство та триботехнологія в задачах / *В.Б. Тарельник.* – Суми: Університетська книга, 2014. – 192 с.

Приведено теоретические и экспериментальные результаты определения характера срабатывания смазочных материалов, которые используются в фермской технике, по комплексными показателями выбега.

Смазочные материалы, фермские машины, техническое обслуживание, комплексные показатели выбега, срабатывание.

The theoretical and experimental results of determining of characteristics of wear of lubricants wich are used in farm machinery by complex indicators of freewheel are described in paper.

Lubricants, farm machines, maintenance, complex indicators, wear.

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ СТРИГАЛЬНИХ МАШИНОК МСУ-200

*В.С. Хмельовський, кандидат технічних наук
К.Д. Веселівський, інженер*

Наведена порівняльна оцінка надійності різальних апаратів стригальних машинок МСУ200 та розробленої, ротаційного типу.

Надійність, наробіток, стрижка, машинка, ніж, гребінка, притискний механізм, привід.

Постановка проблеми. В сучасній практиці стрижки тварин, зокрема, овець застосовуються стригальні машинки (наприклад, МСО-77Б, МСУ-200А), рис. 1, ніж різального апарату якого виконує зворотно-поступальний рух. Такий характер руху створює цілий ряд недоліків. Так, повна зупинка ножа при кожному ході в крайніх положеннях спричиняє втрати енергії, вібрацію та зниження довговічності машинки, зниження якості стрижки. В зв'язку з відзначеним виникає доцільність в удосконаленні процесу, технічних засобів стрижки овець та порівнянні їхньої ефективності та надійності на практиці.



Рис. 1. Досліджувані стригальні машинки: з права на ліво: N1J-GM01-76, МСУ-200, МСО77В та стригальна машинка ротаційного типу.

Аналіз останніх досліджень. Запропонована стригальна машинка [1], (рис. 2 та рис. 3), має дисковий різальний апарат ротаційного типу. Механізм передачі вмонтований у корпус до якого приєднано електродвигун. Різальні кромки зубців дискового ножа виконано за формою дуги ексцентричного кола чи логарифмічної спіралі, чим забезпечується рівномірний критичний момент різання. У відомих конструкціях машинок [2–5] кріплення гребінки здійснюється безпосередньо до корпусу, що ускладнює регулювання і контроль положення гребінки відносно ножа, зняття і установлення різальної пари при загостренні.

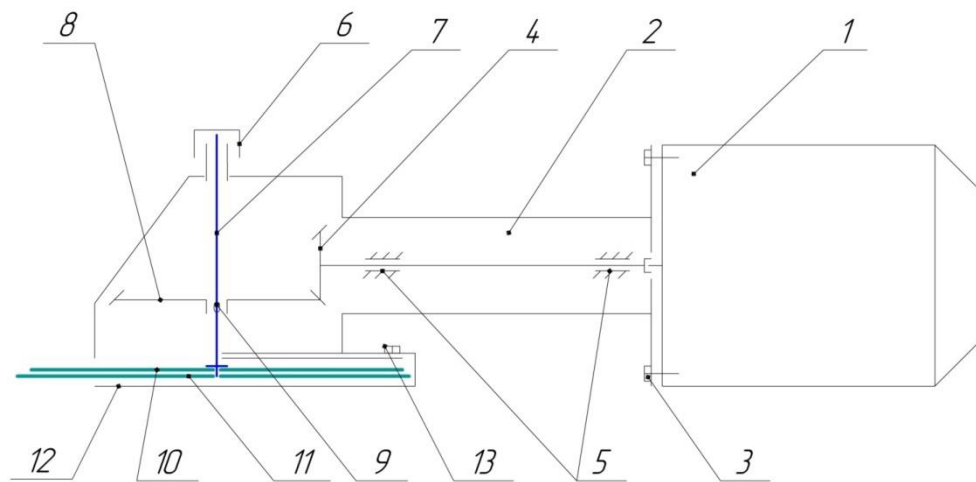


Рис. 2. Принципова схема стригальної машинки ротаційного типу: 1 – електродвигун, 2 – корпус, 3 – гвинти, 4 – конічний вал-шестерня, 5 – підшипники, 6 – притискна головка, 7 – вісь, 8 – конічне колесо, 9 – шпонка, 10 – дисковий ніж, 11 – гребінка, 12 – притискна пластина, 13 – гвинти.

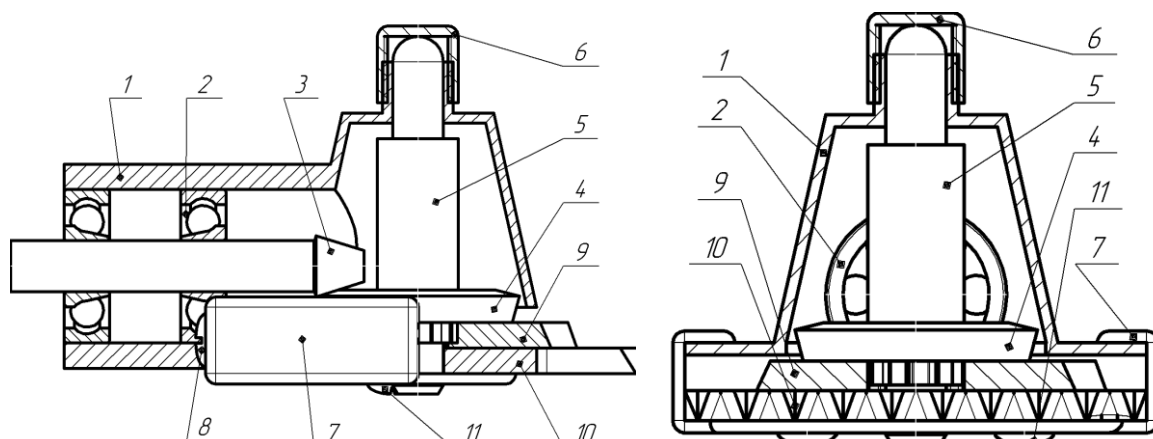


Рис. 3. Загальний вигляд стригальної машинки ротаційного типу.

Нами розроблена машинка, в якій між корпусом і гребінкою встановлено підпірну пластину, рис. 3, з напрямними 10, за допомогою яких остання з одного боку з'єднана з корпусом, а з протилежно-

го боку в напрямні входить гребінка і фіксується ними від поперечно-го зміщення, крім того, підпірна пластина має підп'ятник (виїмка) 8, в який входить цапфа осі ножа.

Мета досліджень підвищення ефективності процесу стрижки та надійності роботи стригальної машинки та її різального апарату зокрема.

Результати досліджень. Оцінку надійності роботи розробленого дискового різального апарату проводили у виробничих умовах перевіряли відповідно до методики встановленою [6]. План випробувань $NM T_{\Sigma}$ за яким одночасно випробовуємо N об'єктів (різальних пар). Після кожної відмови об'єкта, його відновлюють (перезаточують), випробування завершують після закінчення сумарного по всім об'єктам часу випробувань чи наробітку T_{Σ} (до сумарної кількості овець чи до зламу) [7].

За показник надійності прийнято кількість голів, острижених одним різальним апаратом до відмови – затуплення (в проміжку до перезаточування ножа та гребінки). Для того, щоб отримати більш адекватні результати стригаль працював чотири дні, рис. 4. Перший день остригаючи грубошерстих овець сокольської породи, з метою адаптуватися до габаритів та центра ваги стригальної машинки ротаційного типу. Другого дня остригаючи тонкорунних овець породи прекос, з метою налаштування робочих параметрів різального апарату у відповідності до характеристик вовни. Третього дня стриг 2 статтевовікові групи з 32 голів – баранів-виробників (масою 70–80 кг) та ярка (масою 45–55 кг). Четвертого дня стриг також 2 групи по 31 голів – річних баранів (40–50 кг) та річних ярка (35–42 кг).



Рис. 4. Виробничі випробування на базі ДП ДГ «Гонтірівка» ІТ НААН України.

Таким чином, стригальною машинкою ротаційного типу було острижено, в рамках досліду, 126 голів тонкорунних (мериносових) овець породи полварс та прекос за 2 дні. Результати виробничих досліджень представлені в табл. 1 та на рис. 5.

1. Наробіток до перезаточування різальних пар МСУ-200 та ротаційної.

Назва машинки-№ стригаль-№ різальної пари	№ перезаточування										Середнє	Σ по парам	Σ по стригалам
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
МСУ-I-1	11	12	9	10	11	9	9	11	12	9	10,3	103	
МСУ-I-2	5	7	8	-	-	-	-	-	-	-	6,7	20	222
МСУ-I-3	9	7	8	11	10	9	12	11	11	11	9,9	99	
МСУ-II-1	8	9	11	7	9	9	8	-	-	-	8,7	61	
МСУ-II-2	9	11	8	9	12	10	8	9	7	-	9,2	83	215
МСУ-II-3	7	8	8	7	9	9	8	8	7	-	7,9	71	
МСУ-III-1	8	6	7	8	8	7	8	7	-	-	7,4	59	
МСУ-III-2	8	7	7	7	6	7	9	8	-	-	7,4	59	141
МСУ-III-3	4	6	8	5	-	-	-	-	-	-	5,8	23	
Ротаційна	57	69	-	-	-	-	-	-	-	-	63,0	126	126
	126	142	74	64	65	60	62	54	37	20	8,1	704	704

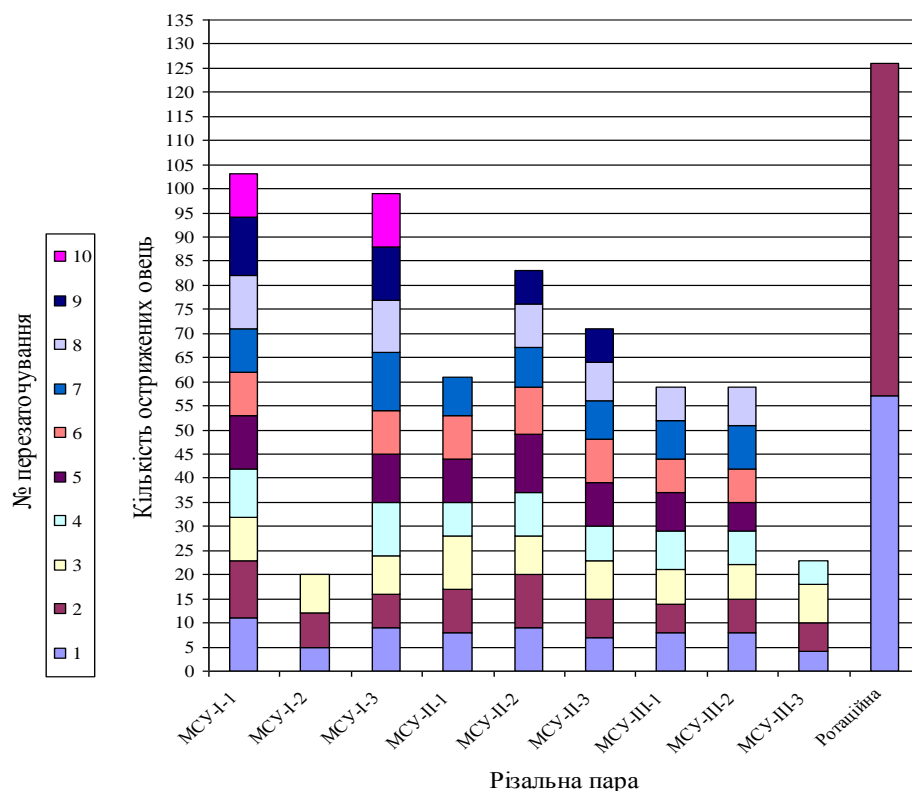


Рис. 5. Діаграма наробітку до відмови (затуплення-перезаточування) різальних пар.

Аналіз наведених табличних даних показав, що наробіток розробленою різальною парою, в 7,7 разів більше, ніж різальними парами МСУ-200. Це обумовлено обертовим характером руху ножа, зменшенням зусилля притискання та вибором зносостійкого матеріалу різальної пари. Що в свою чергу підтвердило адекватність теоретичних передумов при оцінці надійності різального апарату в процесі проведення виробничих досліджень.

Висновок. За результатами ресурсних випробувань різального апарату стригальної машинки ротаційного типу у виробничих умовах встановлено, що наробіток до відмови (затуплення-перезаточування) розроблених різальних пар в 7,7–8 разів більший за різальні пари МСУ-200.

Список літератури

1. Патент на КМ 70018. Україна, МПК В26В 25/00. Стригальна машинка ротаційного типу / Ревенко І.І., Веселівський К.Д. ; заявник та власник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – № u 2011 13 005 ; заявл. 04.11.2011 ; опубл. 25.05. 2012, Бюл. №10.
2. Патент (Винахід) 72772 С2. Україна. Машинка для стрижки тварин / Ревенко І.І., Білько В.В.; заявник та власник Національного аграрний університет. – № 2002042641 ; заявл. 02.04.2002; опубл. 15.04.2005, Бюл. № 4.
3. А.с. 1838092 СССР, МКИЗ В 26 В 19/24. Устройство для стрижки шерсти животных / Дроздов К.А. (СССР). – № 4858997-12 ;заявл. 21.08.90 ; опубл. 30.08.93; Бюл. № 32.
4. Ревенко І.І. Розробка стригальної машинки ротаційного типу / І.І. Ревенко, К.Д. Веселівський // Праці ТДАТУ. – 2011. – Вип. 11, т. 5. – С. 65–67.
5. Ревенко І.І. Машини та обладнання для тваринництва : підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Ревенко І.І., Брагінець М.В., Ребенко В.І. – К.: Кондор, 2009. – 731 с.
6. Прейсман В.И. Основы надежности сельскохозяйственной техники / 2-е изд., доп. и перераб. / В.И. Прейсман. – К.: Вища школа, 1988. – 247 с.

Представлена сравнительная оценка надежности режущих аппаратов стригальных машинок МСУ200 и разработанной, ротационного типа.

Надежность, наработка, стрижка, машинка, режущий аппарат, нож, гребенка, привод.

The comparative estimation of reliability of cutting devices – sheep shearing machines MSU200 and developed, rotational type is presented.

Reliability, operating time, hairstyle, machine, cutting device, knife, comb, drive.

ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ БУДІВНИЦТВА ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

С.М. Герук, кандидат технічних наук
Національний науковий центр «Інститут механізації та елек-
трифікації сільського господарства»
О.М. Сукманюк, кандидат історичних наук
Житомирський національний агроекологічний університет

У статті розглядаються основні етапи розвитку науки про утримання великої рогатої худоби як у світі, так і на українських землях. Наводиться характеристика приміщень в історичному і геополітичному аспектах, висвітлюється взаємозв'язок із землеробською діяльністю. Представлено розроблені та впровадженні УНДІМЕСГ (ННЦ "ІМЕСГ") проекти для будівництва тваринницьких приміщень в колгоспах і радгоспах на території України, у яких були започатковані системи стійлово-вигульного прив'язного і безприв'язного утримання корів, а також способів механізації й утворення потокових технологічних ліній виконання виробничих процесів та операцій.

Розвиток, тваринництво, приміщення, утримання.

Постановка проблеми. Розвиток галузі тваринництва нерозривно пов'язаний з удосконаленням тваринницьких приміщень, утриманням тварин, засобів механізації й автоматизації. Зведення приміщень для утримання великої рогатої худоби є важливим завданням сільськогосподарського будівництва. Постійно зростаюча потреба в харчових продуктах тваринництва обумовила значне збільшення поголів'я великої рогатої худоби у світі, що у перерахунку на умовні голови становить дві третини всього поголів'я господарсько-корисних тварин.

Аналіз останніх досліджень. Питаннями утримання тварин займалися: Мелер А., Хейниг В., Адамчук В.В., Фененко А.І., Комаров Б.А., Рязанцев В.П. та ін. [1–4, 6, 10]. Однак питання історії розвитку цієї проблеми в даній літературі не висвітлено.

Мета досліджень. Основною метою цього дослідження є виявлення тенденцій розвитку та особливостей будівництва приміщень для утримання великої рогатої худоби.

Методологічною основою дослідження є загальні принципи об'єктивності, історизму, які передбачають об'єктивний опис і аналіз

подій на основі науково-критичного використання різноманітних джерел. Під час роботи були використані проблемно-хронологічний та порівняльно-історичний методи.

Результати досліджень. Основною задачею цього дослідження є виявлення тенденцій розвитку та особливостей будівництва приміщень для утримання великої рогатої худоби.

Скотарство відіграло значну роль ще в далекій давнині. Про високий рівень розвитку стародавнього скотарства свідчить, наприклад, фриз, знайдений у гробниці в Ель-Обейде (Месопотамія). Він відноситься до правління першої династії Ур у царстві шумерів (близько 3500 років до н.е.). На фризі досить багато деталей, що говорять про добре організоване скотарство. У середині фриза зображений вхід у стійло або загін. Справа від входу доять корів. Поруч з коровами годують телят. Ліворуч від дверей пастух проціджує молоко через сито в посудину, яка розміщена на землі. Ще дві людини держать по великій посудині, кожна з яких призначена для процідженого молока [1].

На території, яку займає нині Німеччина, велику рогату худобу незадовго до початку нашої ери тримали під відкритим небом, а щоб вони не розбіглися і не стали здобиччю хижаків, влаштовували ого-рожу. Тільки на початку нашої ери в районах з холодним кліматом худобу в зимовий період почали брати в приміщення і жили з нею під одним дахом.

При розкопках у Голландії були знайдені житлові будинки, частина яких була призначена для утримання тварин, вони розділялись перегородками на окремі стійла. Тварини стояли головою до центра приміщення, до сіней або уздовж стіни. У приміщенні був кормовий прохід, а іноді й канавка для стоку гною. Знайдені в Голландії будинки всередині поділялися двома рядами стовпів на три відділення. Будинки такого типу споруджувалися аж до кінця середньовіччя.

Утримання тварин у стійлах було вкрай примітивним. І тільки літом, на пасовищах у ослабленої за зиму корови здоров'я відновлювалось. Незадовільне утримання і годування в зимовий період обумовлювалось низькою продуктивністю тварин. Взимку худоба отримувала малопоживну соломку і дуже рідко сіно, а літом паслася на малопродуктивних сінокосях і пасовищах. Кормів не вистачало, так як, умови зберігання кормів були погані.

На початку XIX століття в країнах Європи розпочалося відносно велике будівництво тваринницьких приміщень. Саме до цього періоду відноситься більшість сільськогосподарських будівель, які збереглися і до нині. Вони відрізнялись міцними цегельними стінами і важкими дерев'яними конструкціями. Зведення масивних будинків виправдувалось тим, що обладнання і методи роботи в них зміню-

валися дуже повільно. Термін амортизації будинків був дуже тривалим і на їх ремонт потребувались відносно невеликі затрати.

Закриті приміщення будувалися, як правило, з розрахунком на прив'язне утримання худоби. При великій кількості тварин для скорочення транспортних шляхів в корівнику віддавали перевагу поперечному розташуванню стійл. Корови знаходилися у довгих стійлах. Роздавали корм і видаляли гній за допомогою вил ручним способом, доїли корів, також вручну в стійлах.

Як виявилось однією з причин зниження продуктивності корів був поганий мікроклімат в приміщеннях, тому почали застосовувати нові форми утримання. Велику роль зіграло пропагування Олем і Амшлером утримання тварин під навісом (рис. 1) [2]. Тварини весь час знаходилися на свіжому повітрі. Від непогоди вони були захищені простим навісом. Однак така форма утримання тварин була малоефективна, особливо для корів високопродуктивних порід і в холодний період часу. Тому почали будувати закриті приміщення для прив'язного утримання худоби з горищним або наземним збереженням кормів. Такі приміщення мали центральний прохід для видалення гною і вузькі бокові проходи для роздачі кормів. Для доставки кормів безпосередньо до годівниць слугували візки з пневматичними шинами, а іноді й підвісна дорога. Часткова механізація збирання гною полягала в обмеженому застосуванні штангових транспортерів, канатних скреперів або подачі води для змивання гною. Приміщення за традицією будували з цегли і дерева (рис. 2).

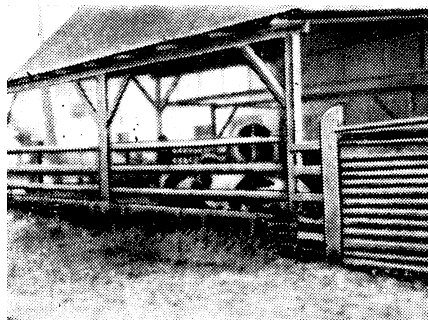


Рис. 1. Утримання тварин під навісом.



Рис. 2. Корівник для прив'язного утримання 90 корів з наземним кормосховищем і прибудованою молочною.

Починаючи з 20-х років минулого століття в кліматично сприятливих середніх широтах США з'являються перші великі експериментальні приміщення з трьома стінками (південна сторона відкрита) і дахом для безприв'язного утримання тварин. Після 1945 р. вони знайшли широке застосування і в Європі. Таким чином було досягнуто сприятливі умови утримання ВРХ, зниження затрат на будівництво і збільшення продуктивності праці. В середині 50-х років минулого століття такі експериментальні приміщення почали поширюватись і на території Німеччини, зокрема, в Нейгаттерслебене (поблизу Магдебурга), в Науково-дослідницькому інституті тваринництва в Думмерсторфе і в Інституті селекції рослин в Гросс-Люзевице (рис. 3) [2]. На території України, Росії і Казахстану на початку 20-х років для тварин у дворі почали будували трьохстінних навіс (висота 2,2 м, довжина 52 м, ширина 4 м). Фасадна частина його була розміщена на північний схід, в сторону пануючих у зимовий час вітрів. Протилежну частину залишалась відкритою. Частину фасадної стіни (37 м) робили з дерев'яних щитів із щілинними проміжками між дошками від даху до основи (щілина 1–1,5 см). Іншу частину 15 м робили із суцільних, вітронепродуваємих щитів.



Рис. 3. Відкрите приміщення в Нейгаттерслебені.

Розвиток молочного тваринництва в Україні в 50–60-х роках базувався на ручній праці при прив'язному утриманні корів. В даний період починає розповсюджуватись стійлова і стійлово-лагерна система утримання корів переважно з використанням пасовищ і будівництвом таборів постійного перебування, що направляло на розвиток технічних засобів. Розвиток механізованого молочного тваринництва розпочинається на початку 60-х років, коли було передбаче-

но будівництво дослідних ферм в колгоспах і радгоспах України, а також розроблений комплекс «101» машин і обладнання.

Перші сім дослідних ферм були побудовані в колгоспі «Дружба» і радгоспі «Промінь» Київської, радгоспі №4 Одеської, ім. Куйбишева Полтавської, «Провальський» Ворошиловградської, ім. Тімірязєва Кримської, «Перемога» Запорізької областей. В основу цих ферм були покладені системи стійлово-вигульного прив'язного і безприв'язного утримання корів. Видалення гною з проходів і вигульних майданчиків проводилось транспортерними установками і бульдозерами, корови утримувались у стійлах і на грубій підстилці, яка змінювалась один раз в рік [3].

Вперше були застосовані елементи повздовжніх сховищ і решітчастої підлоги (радгосп «Провальський»). На вигульних майданчиках гній видалявся бульдозером. Операції роздавання кормів виконувались мобільними кормороздавачами РМ-5, ПТУ-10 и РЗМ-10. В радгоспах «Хотовський», «Переяслав-Хмельницький» проводились дослідження технології видалення гною і роздачі кормів шнековими робочими органами.

Доїння корів відбувалось в доїльному залі. Для цього були виготовлені дослідні, а згодом налагоджено й серійне виробництво доїльних установок УДС-1 і УДМ-8 з прохідними станками типу «Паралель», «Тандем» ДАТ-6 і ДАТ-12, «Ялинка» ДАЕ-16 і ДАЕ-16М [4].

В радгоспі «Промінь» Бориспільського району Київської області перевірявся технологічний комплекс кормоцеху із дріжджовим відділенням. Розроблювались технології мобільного роздавання кормів, УНДІМЕСГ (ННЦ «ІМЕСГ») розробив механізований технологічний процес доїння корів у стійлах на основі базової установки ММД-100 (ММД-100Б) типу «молокопровід» [5].

Подальший розвиток молочного тваринництва був пов'язаний з рішеннями Пленуму ЦК КПРС, який відбувся у 1965 р. В Україні організації республіканського, обласного й районного рівнів розробили проекти для будівництва ферм і комплексів. Починаючи з 1970 р. виробництву було запропоновано окремо розміщені доїльно-молочні блоки з доїльним залом на дві-чотири установки "Ялинка" (проект 801-314). У поліпшеному варіанті доїльні зали були рішенням проектів багатьох ферм і комплексів [6, 7].

В цей час у більшості молочних фермах України усе ширше впроваджуються прогресивні технології виробництва молока, засновані на безприв'язному утриманні корів і доїння в залах [8, 9].

В 2012 році на території ВАТ "Терезино" Білоцерківського району Київської області побудовано молочну ферму на 500 корів з роботизованою системою доїння. Основою ферми є корівник шири-

ною 36 м, висотою 15 м і довжиною 150 м. Спосіб утримання – безприв'язно-боксовий, годівля – з кормового стола шириною 5 м.

Доїння корів на цій фермі виконують вісім доїльних роботів "VMS" фірми "De-Laval", які працюють протягом доби. В основу технології виробництва молока покладене "мотиваційне доїння", коли доїння корів здійснюється не за розпорядком дня, а за бажанням тварин, що виникає тільки тоді, коли всі фізіологічні функції, пов'язані з доїнням, досягають максимального рівня [10].

Одна з найбільших молочних ферм Каліфорнії це – Йосемити Джерсі. За останні п'ять років молочне стадо виросло з 1200 до 2400 дійних корів. Утримання – безприв'язне із системою змиву. Хворих корів утримують і доять окремо. Дійним коровам згодують повнораціонну кормосуміш, що роздають один раз на день. Споживання корму контролюється автоматизованою програмою FeedWatchSoftware. Програма дозволяє менеджерам відслідковувати споживання корму кожною коровою й легко виділяти із череди проблемних корів. Один раз у три тижні менеджери ферми разом з консультантами по годівлі переглядають і коректують раціон [11].

Висновок. Перспективне будівництво індустріальних ферм з виробництва молока вимагає нових техніко-технологічних і будівельних рішень, що сприяє розробленню значного обсягу науково-дослідних й, головним чином, дослідно-конструкторських робіт, які повинні гармонійно поєднувати всі критерії біотехнічної системи "людина-машина-тварина-комфорт" з елементами механізованих й автоматизованих технологій.

Список літератури

1. Кэмпбелл Дт. Р. Производство молока / Дт. Р.Кэмпбелл, Р.Т. Маршалл ; пер. с англ. М.Н. Барабаншикова, В.Р. Зельнера, Д.В. Карташова, Е.Г. Коноплева. – М.: Колос, 1980. – 670 с.
2. Мелер А. Постройки и оборудование для содержания крупного рогатого скота / А. Мелер, В. Хейниг ; пер. с нем. Е.А. Девиса и В.В. Афанасьева. – М.: Колос, 1974. – 560 с.
3. Адамчук В.В. Этапы развития механизированного производства молока и говядины в Украине / В.В. Адамчук, А.И. Фененко // Молочное дело. – 2014. – №2. – С. 13–16.
4. Адамчук В.В. Концептуальные аспекты развития ферм по производству молока / В.В. Адамчук, А.И. Фененко // Молочное дело. – 2010. – №12. – С. 14–17.
5. Комаров Б.А. Прогноз направлений совершенствования систем механизации в молочном скотоводстве / Б.А. Комаров // Механизация и электрификация производственных процессов в животноводстве: Сб. науч. тр. / ВНИПТИМЭСХ. – зерноград, 1989. – С. 12–21.
6. Искандарян М.И. Обоснование и выбор доильных установок / М.И. Искандарян // Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства. 1974. – № 9. – С. 18–20.

7. Борщ А.В. Особенности адаптации высокопродуктивных коров к доению на установке «параллель» / А.В. Борщ, Л.Т. Косиор, Э.В. Ланин // *Материалы XVI Международного симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных*. 2012. – С. 191–194.
8. Текучев И.К. Перспективная техника для обеспечения долголетия высокопродуктивных коров / И.К. Текучев, М.С. Текучева // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 2011. – №4. – С. 17–20.
9. Рязанцев В.П. Проблемы технического оснащения малых животноводческих ферм / В.П. Рязанцев // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 1991. – № 2. – С. 13.
10. <http://www.milkua.info>.

В статье рассматриваются основные этапы развития содержания крупного рогатого скота как в мире, так и на украинских землях. Наводится характеристика помещений в историческом и геополитическом аспектах, освещается взаимозависимость с земледельческой деятельностью. Представлены внедрения разработанных проектов УНИИМЭСХ (ННЦ «ИМЭСХ») для строительства новых колхозов и совхозов на территории Украины, в которых были положенные системы стойлово-выгульного привязного и беспривязного содержания коров, а так же способов механизации и образования поточных технологических линий выполнения производственных процессов и операций.

Развитие, животноводство, помещение, содержание.

The paper depicts the main stages of the cattle keeping development either in the world or in Ukraine. It's given the quarters' characteristics in their historical and geopolitical aspects, it's covered the correlation with the agricultural activities. It presents the projects developed implementation by, Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture (IMEA) for the new cattle farm and state farm buildings in Ukraine, where they used the system of the stall-backyard, harness and tether cow keeping, as well as mechanization and flow production lines manufacturing processes and operations formation.

Development, livestock, quarters, contents.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НАУКОВИЙ ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ВИПУСК 212/2

Серія “Техніка та енергетика АПК”

Видається з квітня 1997 року

Свідоцтво про державну реєстрацію
Серія KB №17147 – 5917P від 28.09.2010

Редактор І.Л. Роговський

03041, Київ-41, вул. Героїв оборони, 15

Здано до набору 23.04.2015
Формат 60×84/16
Наклад 100 прим.

Підписано до друку 23.04.2015
Папір офсетний.
Зам. № 7759 від 23.04.2015

Видавничий центр НУБіП України
03041, Київ, вул. Героїв оборони, 15.
т. 527-80-49, к. 117