ISSN 2222-8594

НАУКОВИЙ ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Серія “Техніка та енергетика АПК”

241

Київ – 2016

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., 2016. – Вип. 241. – 396 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 науково-дослідних інститутів НАН України і НААН України.

Редакційна колегія: С. М. Ніколаєнко, *д.пед.н., проф.* (відповідальний редактор), І. І. Ібатуллін, *д.с.-г.н., проф.* (заступник відповідального редактора), В. Д. Войтюк, *д.т.н., проф.* (заступник відповідального редактора), В. І. Кирилюк, *к.с.-г.н.* (відповідальний секретар), І. Л. Роговський, *к.т.н., с.н.с.* (заступник відповідального секретаря), В. В. Адамчук, *д.т.н., проф.,* Л. В. Аніскевич, *д.т.н., проф.,* Є. Г. Афтанділянц, *д.т.н., проф.,* А. І. Бойко, *д.т.н., проф.,* В. М. Булгаков, *д.т.н., проф.,* Д. Г. Войтюк, *к.т.н., проф.,* Г. А. Голуб, *д.т.н., проф.,* О. І. Давиденко, *д.т.н., проф.,* Петро Євич, *д.т.н., проф.,* Євгеній Красовські, *д.т.н., проф.,* В. І. Кравчук, *д.т.н., проф.,* В. С. Ловейкін, *д.т.н., проф.,* Марек Свєтлік, *д.т.н., проф.,* В. Г. Мироненко, *д.т.н., проф.,* В. М. Несвідомін, *д.т.н., проф.,* Павловські Тадеуш, *д.т.н., проф.,* С. Ф. Пилипака, *д.т.н., проф.,* В. Г. Самосюк, *д.т.н., проф.,* В. В. Теслюк, *д.с.-г.н., проф.,* С. Г. Фришев, *д.т.н., проф.*

Рекомендовано до друку Вченою радою НУБіП України, протокол № 9 від 24 лютого 2016 р.

Згідно з наказом Міністерства освіти і науки України від 13 липня 2015 р. № 747 збірник науковий праць «Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК» внесений до переліку наукових друкованих 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), UlrichsWeb та Google Scholar.

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, 2016

ЗМІСТ

МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ

КОМПОЗИЦІЙНІ ПОРОШКОВІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ КАРБІДОСТАЛЕЙ З ДОМІШКАМИ КАРБІДІВ ХРОМУ І ТИТАНУ ДЛЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ***В. А. Маслюк, Р. В. Яковенко, В. Д. Войтюк, М. І. Денисенко*** 11

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МІКОБІОПРЕПАРАТІВ ІЗ ПЛОДОВИХ ТІЛ ГРИБІВ ***В. В. Теслюк, В. М. Барановський, В. С. Спічак*** 26

ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОГО РОБОТИ СТУДЕНТІВ З ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ "ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ» В УНІВЕРСИТЕТІ ***О. В. Войналович, Т. О. Білько*** 31

АКТИВІЗАЦІЯ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ В УМОВАХ ПРАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ***О. А. Дьомін, І. О. Колосок*** 38

БІОТЕХНОЛОГІЯ КИСЛОМОЛОЧНИХ НАПОЇВ З ПРОДУКТАМИ БДЖІЛЬНИЦТВА ***О. О. Сніжко*** 47

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ЕКСПОЗИЦІЇ ПРИ ЗНЕЗАРАЖУЮЧІЙ ОБРОБЦІ ЗЕРНОВИХ В СИЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛЯХ ***С. М. Усенко*** 53

СИНТЕЗ КУЛАЧКОВОГО ПРИВОДНОГО МЕХАНІЗМУ РОЛИКОВОЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З КОМБІНОВАНИМ ДИНАМІЧНИМ РЕЖИМОМ РУХУ ***В. С. Ловейкін, К. І. Почка*** 58

ОЦІНКА ПРОСТОРОВОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ РІВНИННОГО ЛІСОСТЕПУ ***Л. В. Аніскевич, В. М. Стародубцев*** 66

СУБ'ЄКТИВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ОВОЛОДІННЯ ЗНАННЯМИ НА АКАДЕМІЧНІЙ ЛЕКЦІЇ В АГРАРНИХ ВНЗ ***О. А. Дьомін, І. О. Колосок*** 75

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ МАРКІВСЬКИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ СИСТЕМИ «МЕХАНІЗАТОР – МАШИННО-ТРАКТОРНИЙ АГРЕГАТ – ВИРОБНИЧЕ ДОВКІЛЛЯ» ***О. А. Гнатюк, Т. О. Білько, О. О. Покутний*** 85

ФІЗИЧНЕ І МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРИБОСИСТЕМИ "РОБОЧИЙ ІНСТРУМЕНТ – ГРУНТ" ***Костянтин Борак*** 95

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛІЧАСТОТНОГО РЕЖИМУ КОЛИВАНЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ УДАРНО-ВІБРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ***В. А. Басараб*** 101

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ СИРОВИНИ ДО БІОТЕХНОЛОГІЇ ЕКСТРАКЦІЇ ГРИБНИХ ПОЛІСАХАРИДІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МІКОБІОПРЕПАРАТІВ ***В. В. Теслюк, В. В. Теслюк, В. М. Барановський*** 111

ПОБУДОВА ЕКСПЕРТНОЇ МОДЕЛІ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНИХ КОМПЛЕКСІВ ***С. І. Козупиця*** 116

РЕЗУЛЬТАТИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ***С. В. Смолінський, С. С. Левчук, С. О. Маранда*** 122

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА В УМОВАХ КООПЕРАТИВУ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ГОСПОДАРСТВ ***В. М. Комков, В. І. Ребенко*** 128

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СКЛАДУ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НАПІВЧОВНИКОВОГО РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ***С. Г. Фришев*** 134

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ УСТАНОВКИ ГРУНТООБРОБНИХ СФЕРИЧНИХ ДИСКІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ***С. Ф. Пилипака, М. Б. Клендій*** 140

ТЕОРЕТИЧНІ СПЕКТРИ ВІБРОАКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ЦПГ І ЇХ ЗВ'ЯЗОК З ТРИВАЛІСТЮ УДАРІВ ***О. В. Надточій, Л. Л. Тітова*** 151

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЩІТКИ НА СИЛУ ОПОРУ ҐРУНТУ ТА РЕАКЦІЮ ҐРУНТОВОЇ ОСНОВИ ПРИ РОЗКРИТТІ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ МАТОЧНИХ РОСЛИН ***А. В. Войтік, В. В. Кравченко, О. С. Пушка*** 159

ВИКОРИСТАННЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ВІБРОСИГНАЛІВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПОЯВИ ДЕФЕКТІВ ***Л. Л. Тітова, О. В. Надточій*** 167

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРИСМОКТУЮЧОЇ СИЛИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХВАТУ ОКРЕМИХ НАСІНИН ***А. І. Бойко, П. С. Попик, О. О. Банний*** 177

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛОГІСТИКИ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ ***Л. А. Савченко*** 181

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ РОТАЦІЙНИХ КОСАРОК-ПЛЮЩИЛОК З ГЛИБИНИ СТОЛІТЬ І ДО СЬОГОДЕННЯ ***О. М. Погорілець, М. С. Волянський*** 187

КОНСТРУЮВАННЯ МІНІМАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ІЗОТРОПНОЇ КРИВОЇ, ЯКА ЛЕЖИТЬ НА ПОВЕРХНІ КАТЕНОЇДА ***С. Ф. Пилипака, М. М. Муквич*** 197

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК НА АГРАРНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ НА БАЗІ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ***О. В. Войналович, О. А. Гнатюк*** 203

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ШВИДКОГО ГРАВІТАЦІЙНОГО РУХУ ІНГРЕДІЄНТІВ КОМБІКОРМІВ ПРИ ЇХ ЗМІШУВАННІ ***Д. І. Бойко*** 213

СТРАХУВАННЯ ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКИХ РИЗИКІВ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ: ІННОВАЦІЙНИЙ АСПЕКТ ***В. В. Дранус*** 219

ПРИЛАД ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗУСИЛЬ РІЗАННЯ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА ***О. В. Нанка*** 227

ВИМОГИ ДО СПЕКТРАЛЬНОГО СКЛАДУ ШТУЧНИХ ДЖЕРЕЛ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН В СПОРУДАХ ЗАКРИТОГО ГРУНТУ ***Л. С. Червінський, Л. О. Сторожук, О. І. Романенко, Я. М. Луцак*** 233

АВТОНОМНИЙ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИЙ КОМПЛЕКС З КОМПЕНСОВАНИМИ АСИНХРОННИМИ МАШИНАМИ ***Р. М. Чуєнко, С. С. Макаревич, В. В. Гаврилюк*** 238

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНА ВІД КОМБАЙНІВ НАПІВПРИЧЕПАМИ САМОСКИДАМИ ***С. Г. Фришев*** 243

КОМПОНУВАЛЬНА СХЕМА САМОХІДНОГО ШАСІ – РЕАЛІЇ КОНСТРУКЦІЇ І НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ***Г. В. Шкарівський*** 249

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ГЕОМЕТРІЇ РОЗТАШУВАННЯ ОТВОРІВ У ПОВІТРОПРОВОДІ ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРА ***В. М. Яропуд*** 258

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СТИСНУТО-ЗІГНУТИХ ЕЛЕМЕНТІВ КРУГОВОГО ПЕРЕРІЗУ ПРИ ДІЇ ПОПЕРЕЧНИХ СИЛ ***О. О. Давиденко*** 264

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СОШНИКОВИХ СИСТЕМ СУЧАСНИХ СІВАЛОК ТА ЇХ ВІДПОВІДНІСТЬ ВИМОГАМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ***Л. В. Аніскевич, Ю. О. Росамаха*** 269

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ МЕХАНІЗМУ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МАШИН ДЛЯ ЛІСОТЕХНІЧНИХ РОБІТ ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ ***М. Ф. Ковальов*** 278

ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ ЯК ОБ'ЄКТУ КОРМОПРИГОТУВАННЯ ***А. П. Пилипенко, М. Г. Чаусов*** 283

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА ВАЛЬЦЕДЕКОВОЮ ДРОБАРКОЮ ***С. Є. Потапова*** 287

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ПЕРЕВЕЗЕННІ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ***С. Г. Фришев*** 295

ДО ПИТАННЯ ВИВЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ МЕЗ З КОЛІСНОЮ ФОРМУЛОЮ 2К2 ***Р. Г. Шкарівський, Г. В. Шкарівський*** 301

АНАЛІТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИН ДЛЯ ЛІСОТЕХНІЧНИХ РОБІТ ***О.О. Налобіна*** 308

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ***М. Ф. Калівошко*** 314

ЗАСТОСУВАННЯ ОБ'ЄМНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ДОЗУВАННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ***Ю. В. Косовець*** 318

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ В РОЗВ'ЯЗКАХ РІВНЯННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ТЕРМООБРОБКИ ЗЕРНОМАТЕРІАЛІВ ***Р. А. Калініченко*** 325

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАЧІ КОРМІВ ***А. В. Новицький*** 334

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ ТА КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЇЇ ВИКОПУВАННЯ ***Л. І. Мариніна*** 338

АНАЛІЗ ПЕРІОДИЧНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МАШИН ДЛЯ ЛІСОТЕХНІЧНИХ РОБІТ ***Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський*** 345

МЕХАНІКА РУХУ ЧАСТИНКИ ПО РАДІАЛЬНІЙ ЛОПАТЦІ ОБЕРТОВОГО БАРАБАНА ***Г. А. Голуб, О. А. Марус*** 350

СТРАТЕГІЇ ТЕХНІЧНОЇ ПОЛІТИКИ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЗБИРАННЯ ХЛІБІВ В УКРАЇНІ ВІТЧИЗНЯНИМИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИМИ КОМБАЙНАМИ ***Н. В. Матухно, В. І. Нєдовєсов*** 358

МЕТОД РОЗРАХУНКУ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ ФОРМУВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ***Запривода Андрій*** 371

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РЕАКТОРІВ ДЛЯ ТВЕРДОФАЗНОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ ***О. А. Марус, Г. А. Голуб*** 380

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ПАРАМЕТРИЧНОГО СИНТЕЗУ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ***І. Л. Роговський, В. І. Мельник*** 387

CONTENTS

MACHINES AND MEANS OF MECHANIZATION

COMPOSITE POWDER MATERIALS BASED STEEL-CARBIDE WITH ADMIXTURE OF CARBIDE CHROMIUM AND TITANIUM FOR WORKING PARTS OF AGRICULTURAL MACHINE
V. A. Maslyuk, R. V. Yakovenko, V. D. Voytyuk, M. I. Denysenko 11

CONCEPTUAL BASIS OF BIOTECHNOLOGY MANUFACTURING MIKOBIOPREPARATE WITH FRUITING BODIES OF MUSHROOMS
V. V. Teslyuk, V. M. Baranovsky, V. S. Spichak 26

ORGANIZATION OF INDEPENDENT AND EXTRAMURAL STUDY OF UNIVERSITY STUDENTS WHILE STUDYING "OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY" SUBJECTS
O. V. Voinalovych, T. O. Bilko 31

COGNITIVE ACTIVITY STUDENTS AT PRACTICAL TRAINING
O. A. Djomin, I. O. Kolosok 38

BIOTECHNOLOGY DAIRY DRINKS WITH BEE PRODUCTS
O. O. Snizhko 47

DEFINITION OF TIME EXPOSURE DISINFECTING PROCESSING GRAIN IN STRONG ELECTRIC FIELDS ***S. V. Usenko*** 53

SYNTHESIS CAM DRIVE MECHANISM ROLLER FORMING INSTALLATION WITH THE COMBINED DYNAMIC DRIVING MODE ***V. S. Loveykin, K. I. Pochka*** 58

EVALUATION OF SPATIAL HETEROGENEITY OF PLAIN COVER FOREST-STEPPE PLAIN LANDS
L. V. Aniskevych, V. M. Starodubtsev 66

LAWS SUBJECTIVE MASTERY OF KNOWLEDGE ON ACADEMIC LECTURES AT AGRICULTURAL UNIVERSITIES ***O. A. Djomin, I. O. Kolosok*** 75

APPLICATION RESEARCH METHODOLOGY MARKOVS RANDOM PROCESS FOR PROGNOSIS OF CONDUCT «MACHINE – TRACTOR UNIT – INDUSTRIAL ENVIRONMENT»
O. A. Gnatyuk, T. O. Bilko, O. O. Pokutniy 85

PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODELING OF TRIBOSYSTEM “WORKING TOOL – LAND” ***Borak Konstantin*** 95

INVESTIGATION OF FIELD MODE FREQUENCY ELECTROMAGNETIC VIBRATIONS OF SHOCK-VIBRATING
V. A. Basarab 101

INVESTIGATION OF MECHANICAL PREPARATION OF RAW MATERIALS BIOTECHNOLOGY EXTRACTION MUSHROOM POLYSACCHARIDES PRODUCTION MIKOBIOPREPARATE ***V. V. Teslyuk, V. V. Teslyuk, V. M. Baranovsky*** 111

CONSTRUCTION OF EXPERT MODEL FOR OPTIMIZATION OF HARVESTING-TRANSPORT COMPLEX ***S. I. Kozupytsya*** 116

ENERGY TECHNOLOGY ASSESSMENT RESULTS SUPPORT GRAIN CROPS HARVESTING ***S. V. Smolinskyy, S. S. Levchuk, S. O. Maranda*** 122

EVALUATION OF PRIMARY MILK PROCESSING UNDER COOPERATIVE INDIVIDUAL FARMS ***V. M. Komkov, V. I. Rebenko*** 128

BACKGROUND OF RATIONAL HARVESTING-TRANSPORT COMPLEX USING SEMI SHUTTLE VEHICLE TRAFFIC ***S. G. Fryshev*** 134

ANALYTICAL MODEL OF INSTALLATION OF CONCAVE COULTERS FOR DEFINITION GEOMETRICAL AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS ***S. F. Pylypaka, M. B. Klendiy*** 140

THEORETICAL SPECTRA OF SIGNAL CHU AND ITS RELATIONSHIP WITH DURATION OF DEFECT ***O. V. Nadtochiy, L. L. Titova*** 151

INVESTIGATION OF PARAMETERS OF CYLINDRICAL BRUSHES TO RESISTANCE EFFECTIVE SOIL AND REACTION SOIL BASE DISCLOSURE OF ROOT SYSTEM OF MOTHER PLANTS ***A. V. Voytik, V. V. Kravchenko, O. S. Pushka*** 159

USING SPECTRAL ANALYSIS DIESEL VIBRATE FOR DETECTION OF APPEARANCE OF DEFECTS ***L. L. Titova, O. V. Nadtochiy*** 167

NVESTIGATION OF SUCK FORCE THE EFFECTIVENESS OF CERTAIN DELIGHTED SEED ***A. I. Boyko, P. S. Popyk, O. O. Banniy*** 177

FEATURES USING LOGISTICS IN AGRICULTURE ***L. A. Savchenko*** 181

TRENDS ROTARY MOWERS-HARDENERS FROM TIME IMMEMORIAL TO PRESENT ***O. M. Pogorilets, M. S. Volyanskiy*** 187

CONSTRUCTION OF MINIMAL SURFACES USING ISOTROPIC CURVE THAT LIES ON CATENOID ***S. F. Pylypaka, M. M. Mukvich*** 197

IMPLEMENTATION OF TRACKING POTENTIAL DANGER FOR AGRICULTURAL ENTERPRISE BASED ON RISK-BASED APPROACH ***O. V. Voinalovych, O. A. Gnatyuk*** 203

MATHEMATICAL MODELLING OF RAPID GRAVITATIONAL TRAFFIC INGREDIENTS FODDER AT MIXING ***D. I. Boyko*** 213

INDUSTRIAL AND ECONOMIC INSURANCE RISK AGRICULTURAL COMPANIES: INNOVATIVE ASPECTS ***V. V. Dranus*** 219

DEVICE AND METHOD OF INVESTIGATION OF DYNAMIC CUTTING EFFORTS FEED GRAIN ***O. V. Nanka*** 227

REQUIREMENTS FOR ARTIFICIAL SPECTRAL COMPOSITION OF OPTICAL RADIATION SOURCE FOR GROWING PLANTS IN GREENHOUSES PLANTS ***L. S. Chervinsky, L. O. Storozhuk, O. I. Romanenko, Ya. M. Lutsak*** 233

AUTONOMOUS ELECTROMECHANICAL COMPLEX WITH COMPENSATED ASYNCHRONOUS MACHINES ***R. M.*** **Chuyenko,** ***S. S. Makarevich, V. V. Gavrylyuk*** 238

PROCESS IMPROVEMENT CARRIAGE OF GRAIN HARVESTERS TIPPER TRUCKS ***S. G. Fryshev*** 243

SELF-PROPELLED CHASSIS LAYOUT SCHEME – REALITY AND CONSTRUCTION AREAS OF IMPROVEMENT ***G. V. Shkarivskiy*** 249

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF RATIONAL GEOMETRY POSITION HOLES IN AIR-HEAT RECOVERY UNITS ***V. M. Yaropud*** 258

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF CONCRETE ELEMENTS COMPRESSED-BENT CIRCULAR SECTION THE ACTION OF TRANSVERSE FORCES ***O. O. Davydenko*** 264

DESIGN FEATURES OF MODERN COULTER SEEDERS AND COMPLIANCE PRECISION AGRICULTURE ***L. V. Aniskevych, Yu. O. Rosamaha*** 269

ANALYTICAL MODEL MECHANISM FOR RESTORATION WORK MACHINE WORKS FORESTRY AND USE ITS ***M. F. Kovaljov*** 278

DETERMINING MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIALS AS GRAIN OBJECT FEED MIXED ***A. P. Pylypenko, M. G. Chausov*** 283

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF ROLL-AND-DECK CRUSHER GRINDING GRAIN CRUSHER ***S. Ye. Potapova*** 287

COMPARISON OF ORGANIZATION OF WORK VEHICLES FOR CARRIAGE SUGAR BEET ***S. G. Fryshev*** 295

TO INVESTIGATION QUESTIONS FEASIBILITY OF USING SMALL-SIZED MEW WITH AXLE 2K2 ***R. G. Shkarivskiy, G. V. Shkarivskiy*** 301

ANALYTICS PREDICTION OF ANALYSIS OF RECOVERY OF MACHINES FOR TECHNICAL WORKS FORESTRY ***O. O. Nalobyna*** 308

WAYS TO REDUCE NEGATIVE IMPACTS LUBRICANTS ON ENVIRONMENT ***M. F. Kalivoshko*** 314

APPLICATION VOLUME METHOD FOR DISPENSING LIQUID CHEMICAL FERTILIZERS ***Yu. V. Kosovets*** 318

DEFINITIONS THERMAL INDEX IN HEAT EQUATION SOLUTIONS FOR IDENTIFICATION OF THERMAL PROCESSES GRAIN MATERIAL ***R. A. Kalinichenko*** 325

INVESTIGATION OF DYNAMIC CHANGES OF RELIABILITY FUNDS FOR PREPARATION AND DISTRIBUTION OF FEED ***A. V. Novitskiy*** 334

BULB ONION CULTIVATION TECHNOLOGIES ANALYSIS AND DESIGN FEATURES OF EXPERIMENTAL EQUIPMENT FOR ITS DIGGING OUT ***L. I. Marinina*** 338

ANALYSIS OF FREQUENCY OF RESTORATIONS SERVICEABILITY OF FORESTRY MACHINES ***L. L. Titova, I. L. Rogovskii*** 345

MECHANICS OF PARTICLE MOTION IN RADIAL BLADE ROTATING DRUMS ***G. A. Golub, O. A. Marus*** 350

STRATEGIC POLICY IN PROVIDING TECHNICAL ASSEMBLY IN UKRAINE DOMESTIC BREAD COMBINE HARVESTERS ***N. V. Matuhno, V. I. Nedovyesov*** 358

METHOD OF CALCULATION OF BASIC PARAMETERS OF VIBRATION DEVICE TO FORM HORIZONTAL SURFACES ***Andriy Zapryvoda*** 371

ANALYSIS REACTOR DESIGNS FOR SOLID STATE FERMENTATION ***O. A. Marus, G. A. Golub*** 380

MODEL OF PARAMETRIC SYNTHESIS REHABILITATION AGRICULTURAL MACHINES ***I. L. Rogovskii, V. I. Melnyk*** 387

УДК 669.018.25:631.3

КОМПОЗИЦІЙНІ ПОРОШКОВІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ КАРБІДОСТАЛЕЙ З ДОМІШКАМИ КАРБІДІВ ХРОМУ І ТИТАНУ ДЛЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

В. А. Маслюк, доктор технічних наук
Р. В. Яковенко, кандидат технічних наук
Інститут проблем матеріалознавства імені І. М. Францевича
В. Д. Войтюк, доктор технічних наук
М. І. Денисенко, кандидат технічних наук
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. *В статті встановлено закономірності отримання зносостійких порошкових матеріалів типу карбідосталей на основі системи «хромиста сталь-карбід хрому» і розробка на їх основі деталей робочих органів сільськогосподарських машин.*

Ключові слова: ***робочі органи, абразивне зношування, хромиста сталь, композиційні матеріали, довговічність, карбід хрому, гаряче штампування***

Постановка проблеми. Переважна більшість сучасних машин і механізмів має рухомі сполучення, що забезпечує можливість виконання ними робочих функцій, тому створення та освоєння промисловістю нових ефективних матеріалів, які можуть надійно працювати в різноманітних умовах, представляють собою важливу задачу в області машинобудування і транспорту. Від матеріалів вимагають низькі значення втрат енергії на тертя, високу зносостійкість, а також в ряді випадків високу корозійну стійкість для експлуатації в агресивних середовищах. До таких матеріалів належать порошкові матеріали з нерівноваженою структурою, без вольфрамові тверді сплави та карбідосталі. Порошкові тверді сплави є композиційними гетерогенними матеріалами, які складаються з твердих тугоплавких сполук розподілених в пластичній матриці з металів тріади заліза.

Безвольфрамові тверді сплави-це сплави на основі карбіду і карбонітріду титана, зцементованих нікель-молібденовим зв’язуючим. Вони характеризуються меншим модулем пружності і вищим коефіцієнтом термічного розширення, тобто є чутливішими до ударних і теплових навантажень, ніж вольфрамо-кобальтові тверді сплави, та у деяких випадках містять дорогі та дефіцитні

© В. А. Маслюк, Р. В. Яковенко, В. Д. Войтюк, М. І. Денисенко, 2016

нікель і молібден. Відмінною особливістю порошкових конструкційних матеріалів є їх поруватість, регулюванням якої можливо в широких межах керувати фізико-механічними властивостями виготовлених деталей. Існує ряд методів одержання конструкційних деталей високої щільності. Це багаторазове пресування і спікання, гідростатичне, ізостатичне і гаряче пресування, прокатування металевих порошків, пресування скошеним пуансоном і в металевих оболонках, гаряче штампування пористих заготівок, вибухове пресування, екструдування, просочення рідкими металами, спікання з утворенням рідкої фази. Карбідосталі за своїми властивостями є проміжними між твердими сплавами і інструментальними сталями. Висока твердість, зносостійкість і можливість зберігати ці властивості при високих температурах визначають можливості їх широкого застосування.

Аналіз останніх досліджень. Відомі нині карбідосталі отримують переважно рідко фазним спіканням. Їх основою найчастіше є леговані сталі, у тому числі нержавіючі, а в якості твердої складової в них використовуються карбід або карбонітрид титану. До недоліків відомих карбідосталей належить збільшення зерен карбіду та схильність до окиснення в процесі спікання, недостатня корозійна стійкість. При застосуванні ряду методів необхідні дуже високі тиски, а це викликає велике спрацювання пресформ. Тому найперспективнішими є методи формування металокерамічних несучих деталей, які дають можливість одержувати деталі складної геометрії при низьких тисках або без застосування спеціальних пресформ. Технологія виготовлення несучих деталей забезпечує одержання виробів або заготівок з достатньою міцністю, пластичністю, твердістю, незначною залишковою пористістю, а також іншими специфічними властивостями.

Відомі роботи зі створення карбідосталей на основі системи залізо-карбід хрому. Недоліком їх є недостатня стійкість до корозії. Розроблені раніше композити «нержавіюча сталь аустенітного класу-карбід хрому-дисиліцид молібдену» належать до класу триботехнічних матеріалів і мають крупнозернисту структуру (зі середнім розміром 50-100 мкм), що негативно позначається на фізико-механічних характеристиках. Міцнісні характеристики металокерамічних конструкційних матеріалів підвищуються при легуванні залізної основи сплаву. Однією з найпоширеніших легуючих домішок є хром.

Сплави на основі карбіду хрому з нікелевою (КХН) і нікель фосфорною (КХНФ) зв’язками відрізняються комплексом важливих властивостей, що дає можливість ефективно використовувати їх для

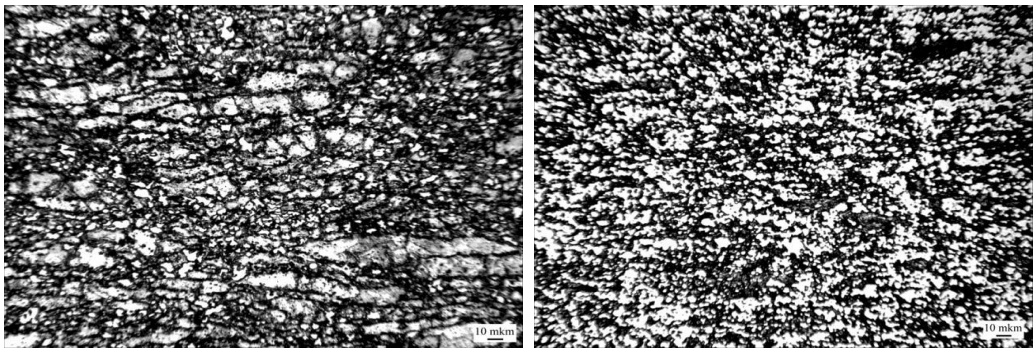
виготовлення деталей, працюючих в умовах тертя, абразивного зношування, агресивного хімічного середовища і високих температур. Перші спроби створити тверді сплави на основі карбіду хрому з залізо вуглецевою зв'язкою було здійснено в роботі [1]. Сплави утримували 20% зв'язки, що являла собою вибілений чавун з 3,8% С, відрізнялися високою твердістю (88 HRA), але мали низькі характеристики міцності ($\sigma_{згин}$=190 МПа). Взаємодію титану з карбідом хрому при спіканні досліджено в роботі [2, 3], автори якої встановили, що у спеченому матеріалі з'являється нова фаза-TiC. Розчинення карбіду хрому відбувається в інтервалі температур від 950 до 1250 °С. Оскільки TiC має інший тип і параметри решітки, ніж карбід хрому, треба очікувати, що його утворення буде супроводжуватися зміною розмірів зразка. При використанні у суміші з титаном частинок карбіду хрому, які мають малий вуглецевий потенціал (частинки менше 20 мкм). В цих межах температур відбувається дисоціація карбіду хрому і утворення карбіду титану в місцях концентрації вуглецю. Деталі з карбідохромових сплавів одержують із суміші порошків карбіду хрому Cr_3C_2 і нікелю пресуванням і спіканням в захисному середовищі при температурі вище 1200 °С. Вміст нікелю може становити 5-40%.

Метою досліджень є встановлення закономірностей отримання зносостійких та корозійностійких порошкових матеріалів типу карбідосталей на основі систем «хромиста сталь-карбід хрому» методами рідко фазного спікання, гарячого штампування та імпульсного гарячого пресування і розробка на їх основі деталей робочих органів сільськогосподарських машин.

Результати досліджень. Велику кількість експериментів присвячено дослідженню впливу умов виготовлення на фазовий склад порошкових зносокорозійностійких матеріалів типу карбідосталей, отриманих спіканням, імпульсним гарячим пресуванням (ІГП) та гарячим штампуванням (ГШ). Встановлено, що, незалежно від методу отримання карбідосталей, карбід хрому активно взаємодіє зі сталевою основою, що полягає у дифузії вуглецю і хрому із карбіду у матрицю, а заліза – із матриці в карбід і супроводжується утворенням складних гетерофазних структур і збільшенням загальної кількості карбідної фази в матеріалі. Збільшення твердої фази в матеріалі приводить до підвищення твердості та зносостійкості.

У результаті аналізу впливу вмісту компонентів на структуру спеченої карбідосталі, виявлено ефект подрібнення мікроструктури при збільшенні кількості карбіду хрому від 7,5 до 30% об., що дозволяє керувати структуроутворенням для досягнення необхідних властивостей карбідосталей (рис. 1). Встановлено, що

гарячештампована карбідосталь має анізотропію зерен металу-основи в напрямку, перпендикулярному зусиллю штампування. Особливістю структури гарячештампованої карбідосталі є відсутність перехідної зони в місці контакту карбідного зерна з металом основи. Це в деяких випадках сприяє підвищенню міцності карбідосталі, що загалом забезпечує зростання механічних властивостей матеріалу.



а *б*

Рис. 1. Мікроструктура гарячештампованих при 1200 °С карбідосталей Х17Н2 – 7,5% об. Cr_3C_2 (*а*), – 30% об. Cr_3C_2 (*б*), відпалених при 1150 °С.

Досліджено закономірності процесів фазо- і структуроутворення методом локального рентгенівського мікроаналізу на мікрозонді MS–46 фірми CAMECA, в об'ємі консолідованих зразків зносокорозійностійких карбідосталей – «хромиста сталь – карбід хрому» за умов їх попереднього розмелу-змішування. Результати аналізу і середній склад фаз у карбідосталі приведено на рис. 2. Механізм розчинення карбіду хрому в сталевій матриці подібний до механізму розчинення Cr_3C_2 у залізній матриці і його можна уявити в такій послідовності: одностороння дифузія хрому і вуглецю в сталеву матрицю і заліза в карбід, збіднення карбіду Cr_3C_2 по вуглецю і у зв'язку з цим перекристалізація спочатку в карбід Me_2C (900 °С), потім, при підвищенні температури спікання до 1050 °С – в гексагональний карбід Me_7C_3. При подальшому підвищенні температури до 1200 °С – в $Me_{23}C_6$. При розплавленні зразку при 1300 °С з рідкої фази викристалізовується карбід Me_2C. Помітною відмінністю від систем Fe–Cr_3C_2, є те, що вказана серія фазових перетворень проходить в усіх частинках карбіду хрому одночасно і повністю, а не по межі, що викликано попередньою механоактивацією і підвищеною дисперсністю карбідної фази [4, 5].

Вибірковий мікрорентгеноспектральний аналіз карбідосталей Х13М2 – (15, 30)% об. Cr_3C_2 показав, що в карбідосталях на основі Х13М2 механізм взаємодії проходить подібно карбідосталям на

основі сталі Х17Н2. Деякою особливістю мікроструктури карбідосталі Х13М2–15% об. Cr_3C_2 є утворення карбіду Me_3C після розплавлення зразка при 1300 °С. Карбідосталь Х13М2–30% об. Cr_3C_2 після спікання при температурі 1300 °С відрізняється збереженням карбіду $Me_{23}C_6$ поряд з новоутвореним карбідом Me_3C, що можна пояснити наявністю молібдену, який є активним карбідоутворюючим елементом.

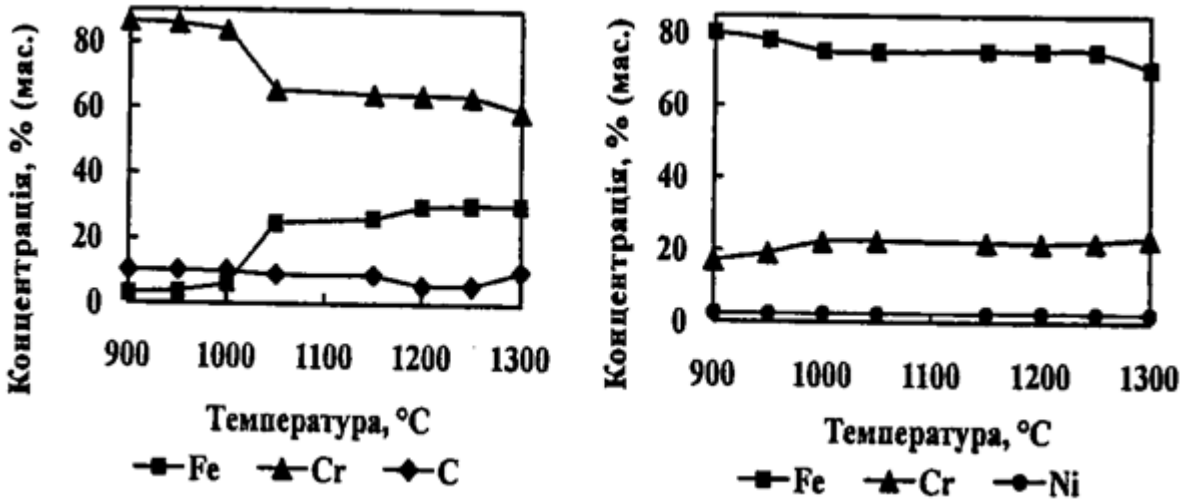
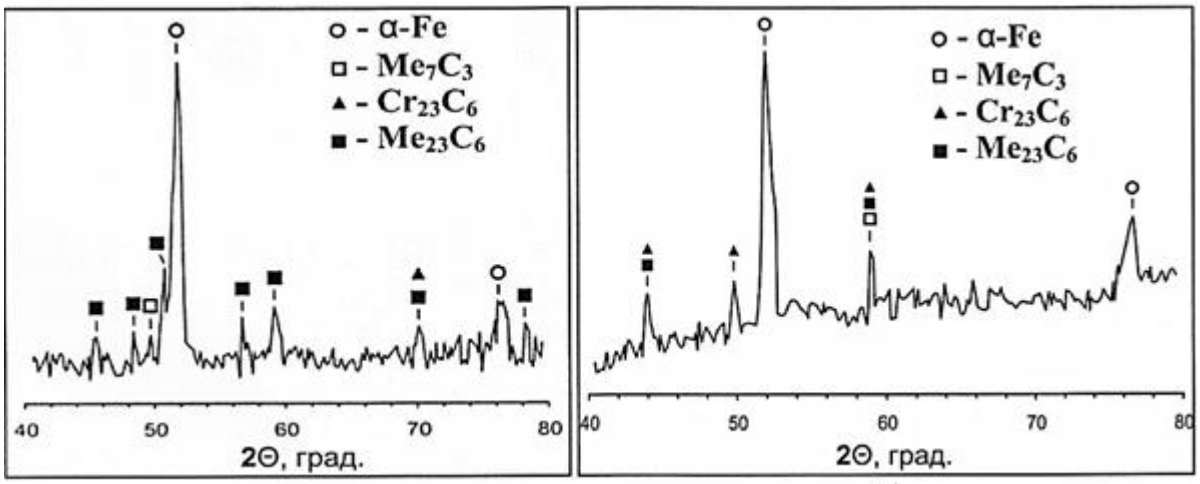


Рис. 2. Середній склад карбідів (*а*) і зерен матриці (*б*) в спеченому при різних температурах зразку карбідосталі Х17Н2-15% об. Cr_3C_2.

Дані рентгенофазових досліджень на дифрактометрі «Дрон–3» в Co–k_α-випромінюванні показали, що вихідні порошки сумішей Х17Н2, Х13М2 з 15% об. Cr_3C_2 мають дефектність кристалічної ґратки, що в подальшому впливає на структуроутворення і на механічні властивості карбідосталей. Проведене дослідження дозволило встановити методом рентгенівського аналізу фазовий склад карбідосталей, спечених при температурах 1150, 1200, 1250, 1300 °С.

При температурі спікання 1150 °С зразки мають у своєму складі карбіди Cr_7C_3 і Me_7C_3, з підвищенням температури спікання до 1200 °С та до 1250 °С (рис. 3) – в структурі наявні залишки Me_7C_3 та з'являється складний карбід $Me_{23}C_6$. При температурі спікання 1300 °С утворюється фаза Me2C в карбідосталі Х17Н2–Cr_3C_2, а в карбідосталі Х13М2–Cr_3C_2 викристалізовується фаза Me_3C, також спостерігаються сліди $Me_{23}C_6$. Отримані результати співпадають з результатами мікрорентгеноспектрального аналізу і свідчать про активну взаємодію карбідів хрому зі сталевою матрицею. Результати рентгенофазових досліджень зразків Х17Н2 з Cr_2C_3, отриманих

імпульсним гарячим пресуванням свідчать про успадкований вплив розмелу на формування тонкої структури в цих зразках. Нагромадження напруження в зразках збільшує інтенсивність протікання дифузійних процесів при формуванні карбідосталей, такий вплив викликає також накопичення мікродефектів в зразках, що проявляється в підвищеному рівні твердості (81-82 HRA).



а *б*

Рис. 3. Дифрактограма карбідосталей Х17Н2 об. – 15% Cr_3C_3, (*а*) та Х13М2-15% об. Cr_3C_2 (*б*), спечених при температурі 1250 °С.

Автори здійснили дослідження механічних властивості, зносо- та корозійної стійкості карбідосталей «хромиста сталь-Cr_3C_2». Дослідження залежності міцності на вигин спечених карбідосталей від вмісту Cr_3C_2 показали, що при його введенні міцність збільшується, порівняно з вихідними сталями (Х17Н2, Х13М2), в усьому температурному інтервалі спікання, досягаючи своїх максимальних значень 1450-1470 МПа при температурах спікання 1200 і 1250 °С (рис. 4). Твердість карбідосталі на основі Х17Н2 з підвищенням вмісту Cr_3C_2 і температури спікання зростає і досягає максимуму (74 HRA) після спікання при 1300 °С (рис. 5). Карбідосталі на основі Х13М2 з 30% об. Cr_3C_2 мають найвищу твердість (80 HRA) після спікання при 1250 °С, що обумовлено близьким розташуванням складу до мартенситної області, що характеризує структурна діаграма Шефлера [6].

Деяке падіння механічних властивостей карбідосталей з 15% об. карбіду хрому в інтервалі температур отримання 1150-1200 °С можна пояснити тим, що така кількість твердої фази при вказаних температурах знеміцнює сталевий каркас. При кількості карбідосталі Cr_3C_2 22,5% об. її склад наближається до евтектичного і у якого, при даних температурах, утворюється значна кількість рідкої фази, інтенсифікуються процеси масоперенесення, що приводить до

зростання механічних властивостей. При 30% об. Cr_3C_2, за рахунок зростання кількості карбідної фази спостерігається підвищення твердості при зниженні міцності на вигин.

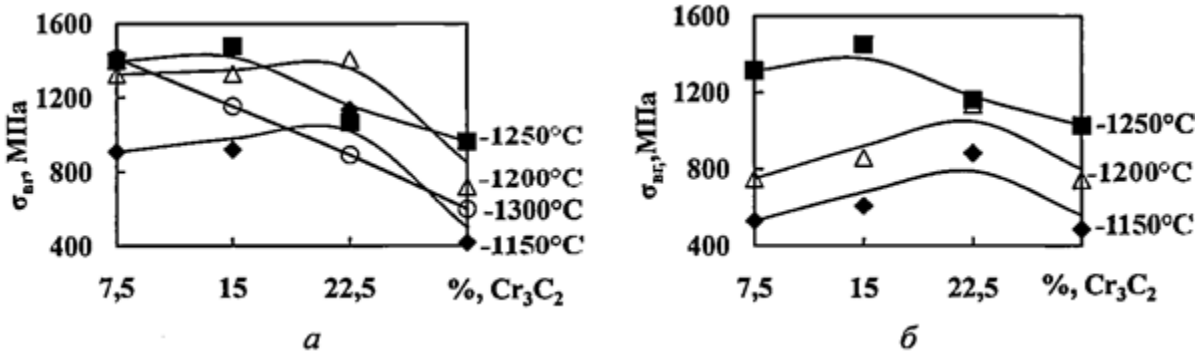


Рис. 4. Залежність міцності на вигин карбідосталі від вмісту карбіду хрому при різних температурах спікання: *а*) сталь Х17Н2; *б*) сталь Х13 М2.

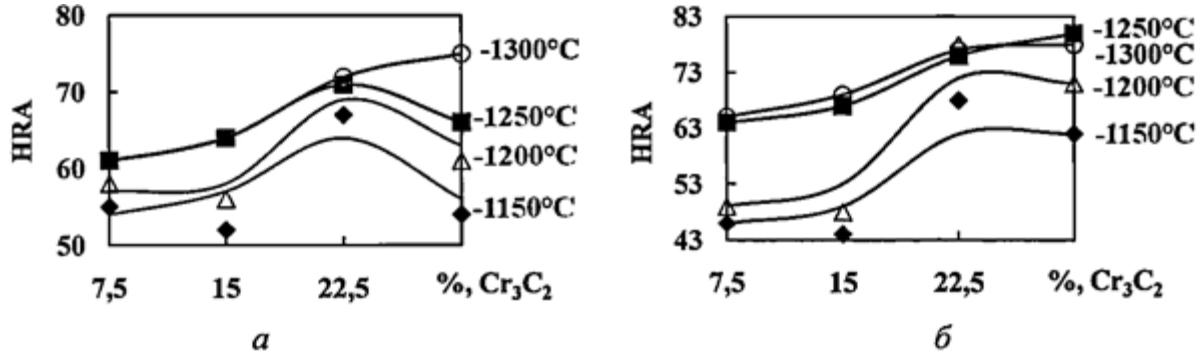


Рис. 5. Залежність твердості карбідосталі від вмісту карбіду хрому при різних температурах спікання: *а*) сталь Х17Н2; *б*) сталь Х13М2.

Карбідосталь Х17Н2-44% об. Cr_3C_2, отримана ІГП має твердість 80-82 HRA але характеризується невисокою міцністю на вигин (400 МПа). Це обумовлено підвищеним вмістом Cr_3C_2 і значною крихкістю матеріалу. Зменшення кількості карбіду хрому в карбідосталях, отриманих ІГП, підвищує міцність на вигин до 1350 МПа при збереженні твердості на рівні 79-80 HRA. Це можливо викликано також використанням розпиленого, а не отриманого гідридно-кальцієвим відновленням, порошку сталі Х17Н2. Найбільший вплив на міцність і твердість карбідосталей на основі сталі Х17Н2 отриманих ГШ, спричиняє наступне відпалювання при 1150°С (рис. 6). Це можна пояснити посиленням адгезії між частинками металевої і карбідної фаз, а також зняттям напруг і дифузійною взаємодією між карбідами і матрицею. Зіставлення результатів дослідження механічних властивостей карбідосталей,

отриманих різними методами дозволяє зробити висновок, що застосування ГШ приводить до підвищення твердості карбідосталей в 1,2 рази порівняно зі спеченими карбідосталями на основі Х17Н2, що обумовлено інтенсивною термомеханічною дією ГШ і призводить до проявлення ефекту термомеханічної обробки. Міцність на вигин карбідосталей, отриманих ІГП знаходиться на нижчому рівні і складає 400 МПа. У карбідосталей, отриманих спіканням і гарячим штампуванням міцність одного рівня (1410-1470 МПа), хоча ГШ карбідосталі отримані при нижчих температурах попереднього нагрівання ніж спечені.

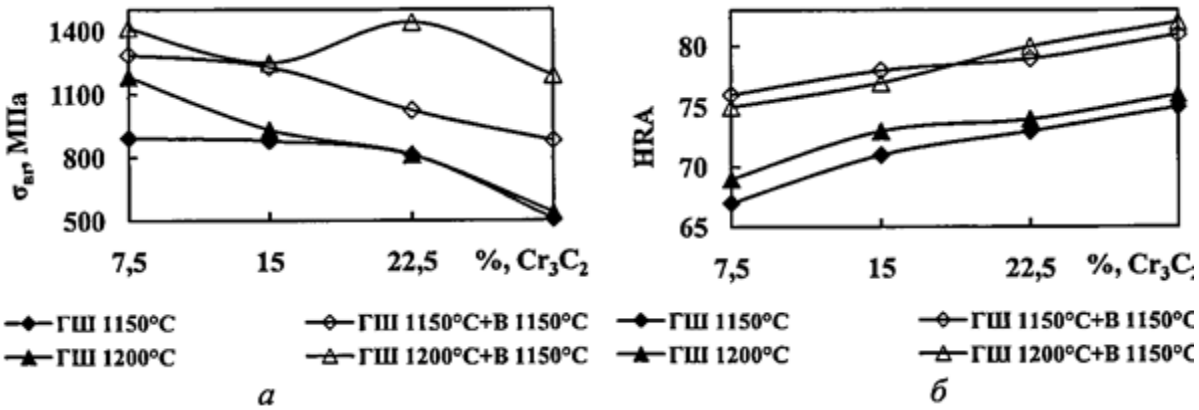


Рис. 6. Залежність міцності на вигин (*а*) та твердості (*б*) карбідосталі від вмісту карбіду хрому, отриманих гарячим штампуванням (ГШ) і ГШ з наступним відпалюванням (В).

Дослідження залежності тріщиностійкості карбідосталей отриманих за оптимальними режимами від вмісту карбіду хрому показало, що, як і передбачалось, збільшення кількості твердої складової, поряд зі зростанням твердості, приводить до зменшення тріщиностійкості карбідосталей (рис. 7).

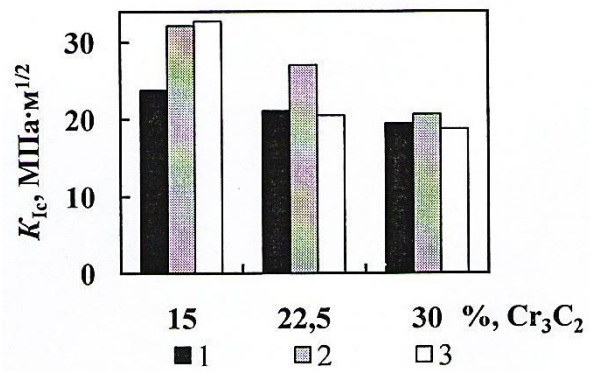


Рис. 7. Тріщиностійкість карбідосталей з різним вмістом Cr_3C_2 при оптимальних температурах отримання: *1* – Х17Н2-Cr_3C_2 (отримано ГШ при 1200 °С); *2* – Х17Н2-Cr_3C_2 (отримано спіканням при 1250 °С); *3* – Х13М2-Cr_3C_2 (отримано спіканням при 1250 °С).

В’язкість руйнування спечених карбідосталей з різною основою знаходиться приблизно на одному рівні, а деяке її падіння в карбідосталі Х13М2-22,5% об. Cr_3C_2 можна пояснити підвищенням мікротвердості основи до ~4,5 ГПа і в цілому макротвердості карбідосталі до 78 HRA. Це відбувається у зв’язку з утворенням рідкої фази за рахунок близького до евтектичного складу, що інтенсифікує дифузію вуглецю і хрому в основу, а заліза в карбіди.

Карбідосталі, отримані гарячим штампуванням, мають дещо нижчий рівень в’язкості руйнування, ніж спечені карбідосталі аналогічного складу. Така закономірність спостерігається до вмісту карбіду хрому 22,5% об. включно, далі їх тріщиностійкість вирівнюється і знаходиться в межах 19-21 МПа $м^{1/2}$.

Дещо нижчу в’язкість руйнування гарячештампованих карбідосталей можна пояснити нагартованістю структури. За рахунок цього ми маємо підвищенні значення твердості 79-82 HRA, що приводить до падіння величини в'язкості руйнування. Підсумовуючи, можна зазначити, що тріщиностійкість досліджених карбідосталей знаходиться на достатньо високому рівні, наприклад, тріщиностійкість твердого сплаву ВК21 – 11–13 МПа · $м^{1/2}$, сталі Р18 – 21 МПа · $м^{1/2}$.

Досліджено стійкість карбідосталей проти абразивного зношування по закріпленим частинкам в парі з алмазним кругом. Випробування показали, що зносостійкість спечених зразків з порошкових сталей Х17Н2 і Х13М2 низька і підвищення навантаження більше 0,6 МПа призводить до їх катастрофічного зношування [7].

Введення Cr_3C_2 підвищує стійкість до зношування спечених матеріалів в ~20 разів, порівняно з вихідними сталями. Коефіцієнт тертя карбідосталей на основі Х17Н2 – (7,5–30% об.) Cr_3C_2 знижується при збільшенні навантаження (рис. 8, а). Найменш зносостійкою є карбідосталь з 7,5% об. Cr_3C_2, а найбільш зносостійкими – карбідосталі з високим вмістом карбіду (рис. 8, б).

Карбідосталі на основі Х13М2 мають зносостійкість в 1,5–3 рази вищу, порівняно з карбідосталлю Х17Н2-Cr_3C_2. Це можна пояснити наявністю 2% молібдену, що підвищує дифузійну рухливість хрому і приводить до збільшення його концентрації в приповерхневих шарах і що, як відомо, підвищує зносостійкість (рис. 9, *а,* б). Результати досліджень абразивної зносостійкості зразків із сталі Х17Н2 (отриманих ІГП) показали, що в них спостерігається катастрофічне зношування вже при навантаженні 0,6 МПа. Введення в шихту карбідних домішок істотно змінює характер зносостійкості, підвищуючи її в ~50 разів. Порівняння зносостійкості карбідосталей показує, що інтенсивність зношування карбідосталі з Cr_3C_2 в 13,5

разів менше ніж карбідосталі з TiC. Це може бути пов'язано з вищою концентрацією Cr в металевій складовій карбідосталі з Cr_3C_2, також можливо, за рахунок малої інтенсивності взаємодії TiC зі сталевою основою та слабкого адгезійного зв'язку між частинками карбіду титану і матрицею.

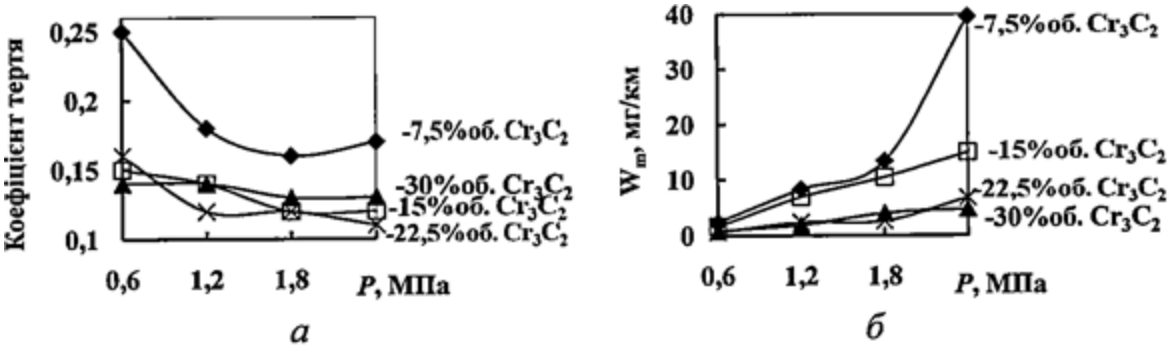


Рис. 8. Залежність коефіцієнта тертя (а) і масового зношування (б) від навантаження зразків карбідосталей на основі Х17Н2 з різним вмістом Cr_3C_2, отриманих спіканням ($1_{сп}$ = 1250 °С).

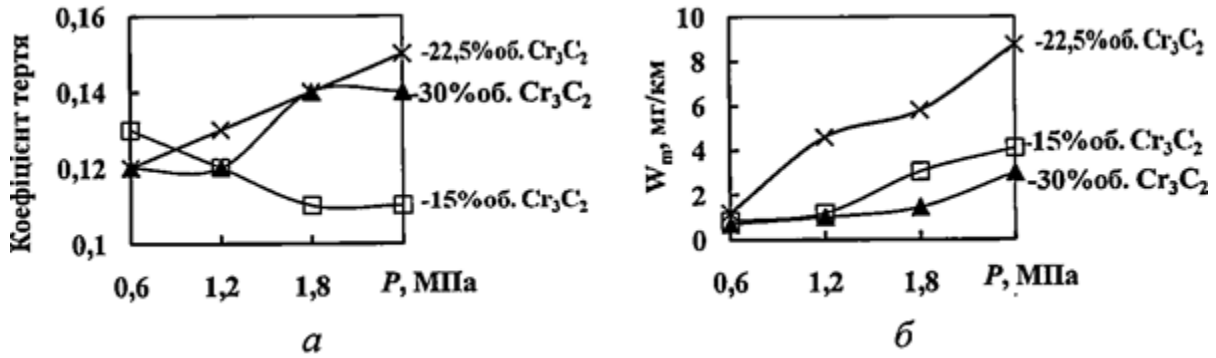


Рис. 9. Залежність коефіцієнта тертя (а) і масового зношування (б) від навантаження зразків карбідосталей на основі Х13М2 з різним вмістом Cr_3C_2, отриманих спіканням ($1_{сп}$ = 1250 °С).

Дослідження зносостійкості зразків отриманих ГШ, показали, що введення карбіду хрому підвищує зносостійкість в 10 разів, порівняно з вихідною сталлю. Зі збільшенням вмісту Cr_3C_2 стійкість карбідосталі проти абразивного зношування росте (рис. 10, б). Коефіцієнт тертя для сталі Х17Н2 і карбідосталей з 7,5 і 15% об. Cr_3C_2 дещо зростає зі збільшенням навантаження, а для карбідосталей з високим вмістом Cr_3C_2 він зменшується (рис. 10, а).

Зіставлення величини масового зношування сталей Х17Н2, Х13М2 і карбідосталей на їх основі показали, що зносостійкість карбідосталей, отриманих спіканням, ІГП і ГШ в десятки разів перевищує зносостійкість вихідних сталей, і підвищується зі збільшенням кількості карбідної складової. Коефіцієнт тертя карбідосталей, на відміну від сталей, зменшується при збільшенні

навантаження при абразивному зношуванні. Зношування по закріпленим абразивним частинкам є дуже жорстким процесом, при якому проходить пряме руйнування поверхневого шару і в цьому випадку зносостійкість та коефіцієнт тертя визначається механічними властивостями матеріалу та його опором від прямого руйнування.

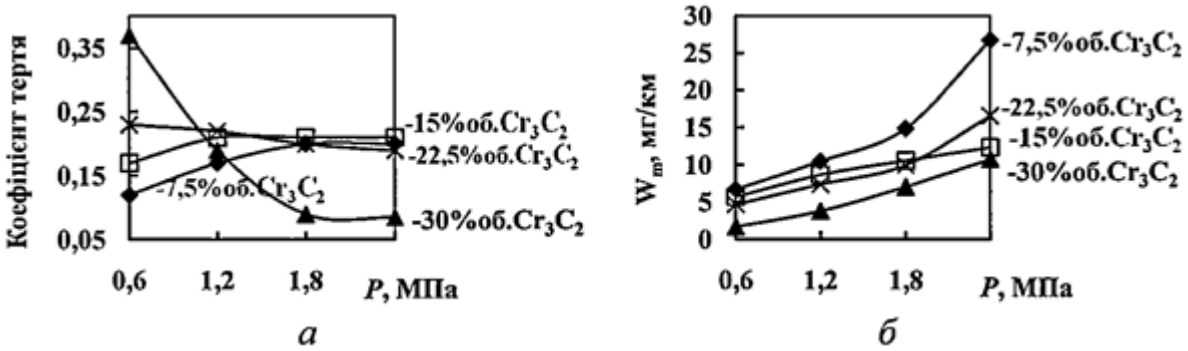


Рис. 10. Залежність коефіцієнта тертя (а) і масового зношування (б) від навантаження зразків карбідосталей на основі Х17Н2 з різним вмістом Cr_3C_2, отриманих ГШ 1200 °С + В 1150 °С.

Карбідосталі з 7,5% об. Cr_3C_2 мають низький рівень зносостійкості, порівняно з карбідосталями (15–30% об. Cr_3C_2), не залежно від методу отримання. Це скоріше за всього викликано особливістю мікроструктури, де спостерігаються значні розміри металевої фази (середній розмір 35 мкм) та наявність пористості до 12%. Збільшенні вмісту карбіду приводить до росту зносостійкості, що викликано збільшенням долі твердої складової за рахунок гетерофазної взаємодії з основою та подрібненням розміру металевої фази, що в умовах абразивного зношування по закріпленим частинкам приводить до підвищення зносостійкості.

Досліджували корозійну стійкість матеріалів в 3% розчині NaCl, 30% розчині NaOH та 20% розчині HNO_3 при кімнатній температурі. Корозійні середовища обирали виходячи з літературних даних по корозійній стійкості вихідних сталей та передбачуваних сферах застосування. Дослідження показали, що корозійна стійкість спечених зразків карбідосталей Х17Н2 і Х13М2 з 15% об. Cr_3C_2 в 30% розчині NaOH досягає 10 балу (повністю стійкий). Мабуть, карбідні присадки, що активно взаємодіють при спіканні з сталевою основою, підвищують в ряді випадків корозійну стійкість матеріалів. При збільшенні вмісту Cr_3C_2 до 30% об. вона зменшується до 3-4 балу (понижено стійкий). У 3% розчині NaCl тільки карбідосталі з 22,5% об. Cr_3C_2 мають 10 бал, інші склади мають 2–3 бал (слабостійкий) (табл. 1).

За корозійною стійкістю в 20% розчині $HN0_3$ карбідосталі на основі Х17Н2 та Х13М2 відносяться до класу слабо та понижено стійких, це свідчить, що введення карбідів знижує корозійну стійкість матеріалу в даному корозійному середовищі. Карбідосталь з 30% об. Cr_3C_2 є нестійкою в даному розчині і має 1 бал корозійної стійкості, це можна пояснити, з одного боку, достатньо високою пористістю (до 7%) та інтенсивною взаємодією твердої складової з основою, що приводить до дифузії вуглецю в сталь і утворення мартенситоподібних структур (мікротвердість основи складає 2,1-4,1 ГПа), що знижує корозійну стійкість матеріалу в цілому [8, 9].

1. Корозійна стійкість спечених карбідосталей.

№ зразка	Склад, %		Відносна густина р, %	Корозійні властивості					
				30% NaOH		3% NaCl		20% HNO_3	
	сталь	Cr_3C_2		П, мм/рік	Бал*	П, мм/рік	Бал	П, мм/рік	Бал
1	Х17Н2	7,5	0,95	0,06	4	0,48	3	0,54	2
2	Х17Н2	15	0,96	0,00	10	0,26	3	0,09	4
3	Х17Н2	22,5	0,95	0,28	3	0,00	10	0,03	4
4	Х17Н2	30	0,93	0,49	3	0,36	3	2,53	1
5	Х13М2	15	0,93	0,00	10	0,33	3	0,11	4
6	Х13М2	22,5	0,95	0,41	3	0,00	10	0,06	4
7	Х13М2	30	0,97	0,03	4	0,59	2	0,31	2

*за десятибальною шкалою.

2. Корозійна стійкість карбідосталей, отриманих гарячим штампуванням.

№ зразка	Склад, %		Відносна густина р, %	Корозійні властивості					
				30% NaOH		3% NaCl		20% HNO_3	
	сталь	Cr_3C_2		П, мм/рік	Бал*	П, мм/рік	Бал	П, мм/рік	Бал
1	Х17Н2	7,5	0,99	0,00	10	0,14	3	0,81	2
2	Х17Н2	15	0,99	0,00	10	0,00	10	0,25	3
3	Х17Н2	22,5	0,99	0,09	4	0,00	10	0,16	3
4	Х17Н2	30	0,98	0,09	4	0,00	10	0,16	3

*за десятибальною шкалою.

Корозійна стійкість карбідосталей Х17Н2-44% об. Cr_3C_2, отриманих ІГП у вакуумі знаходиться на рівні третього балу (слабостійкий) в досліджених розчинах. Це обумовлено значним нагартуванням структури. Корозійна стійкість карбідосталей, отриманих ГШ, в 30% розчині NaOH сягає 10 балу (повністю стійкий) до вмісту карбіду хрому 15% об. включно, але при подальшому підвищенні вмісту Cr_3C_2 корозійна стійкість падає до 4-го балу

(понижено стійкий). У 3% розчині NaCl спостерігається протилежна ситуація, відносно невисоку корозійну стійкість, на рівні 3-го балу (слабо стійкий), має карбідосталь з 7,5% об. Cr_3C_2 (табл. 2), а карбідосталі з (15–30% об.) Cr_3C_2 мають 10-й бал стійкості проти корозії. В 20% розчині HNO_3 сталь Х12Н2 має 1 бал (нестійкий), а карбідосталь Х12Н2 – 15% об. Cr_3C_2 – 2 бал (слабостійкий), інші склади карбідосталей мають 3-й (слабостійкий) бал корозійної стійкості. Таким чином, корозійна стійкість карбідосталей значною мірою визначається вибірковою здатністю зовнішньої дії на складові компоненти матеріалу. В умовах, коли стійкість фази карбіду перевищує стійкість сталевої зв'язки до дії реагентів, загальна стійкість сплавів карбід – сталь збільшуватиметься зі зниженням вмісту сталі. У протилежному випадку спостерігатиметься зворотна картина. Нами приведено аспекти практичного використання результатів досліджень. На рис. 11 представлено запропоновану технологічну схему виготовлення зносокорозійних вставок для молотків кормодробарок.

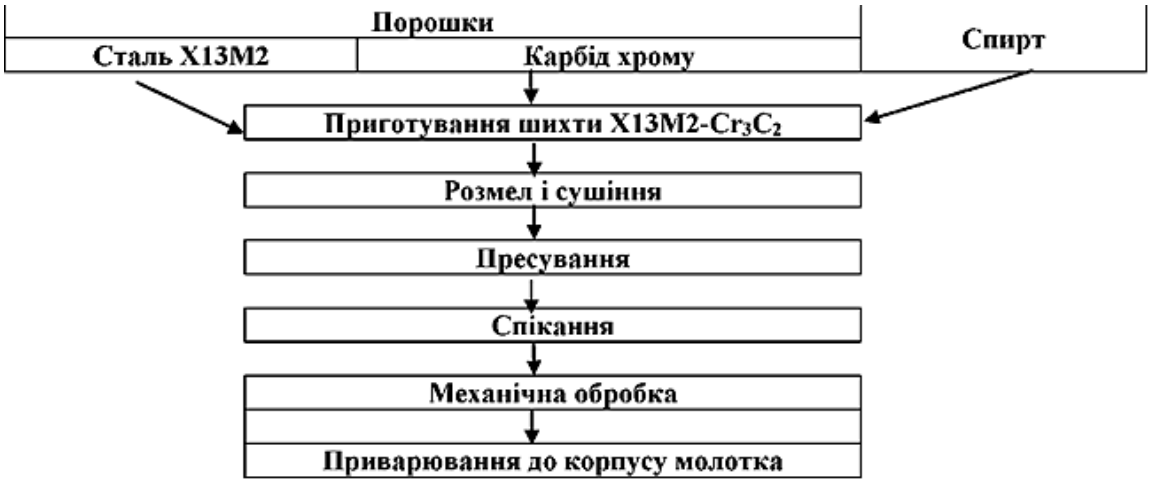


Рис. 11. Технологічна схема виготовлення «модульних вставок» до молотків кормодробарок.

Експлуатаційні випробування молотків проводили на кормодробарці БМК-1 при помелі фуражного зерна. Одночасно з молотками, армованими вставками зі Х13М2 – 30% об. Cr_3C_2 (рис. 12), випробовували молотки з базового матеріалу з термообробленої сталі 65Г. Зносостійкість молотків визначали за зміною їх маси. Виробничі випробування показали підвищення довговічності експериментальних молотків, армованих вставками із карбідосталі Х13М2 – 30% об. Cr_3C_2, в 2–2,5 рази та покращення технологічної операції подрібнення кормів в порівнянні з серійними молотками зі сталі 65Г [10]. За результатами випробувань, які проводили в навчально-дослідному господарстві при Національному університеті біоресурсів і природокористування України, молотки,

армовані вставками із сплаву Х13М2-30% об. Cr_3C_2 рекомендовані до використання у складі дробарок кормів БМК-1.

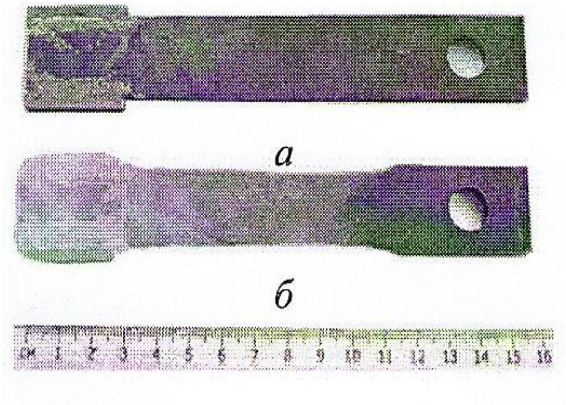


Рис. 12. Молоток дробарки БМК-1 зі вставками із карбідосталі Х13М2 – 30% об. Cr_3C_2, з'єднаних електрозварюванням (*а* – до випробовувань; *б* – після виробничих випробовувань).

Висновки

1. На основі систем «хромисті сталі Х17Н2, Х13М2 – Cr_3C_2, а також даних діаграм стану Cr-Fe-C, результатів мікроструктурного, мікрорентгеноспектрального і фазового аналізів та досліджень фізико-механічних властивостей, зносостійкості і корозійних характеристик розроблено порошкові зносокорозійностійкі матеріали: Х13М2 – (15–30% об.) Cr_3C_2 і Х17Н2 – (7,5–30% об.) Cr_3C_2 конструкційного призначення.

2. Проведено виробничі випробування молотків кормоподрібнювачів, армованих вставками із розроблених карбідосталей Х13М2 – 30% об. Cr_3C_2 у ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція». Випробування показали підвищення довговічності експериментальних молотків в 2–2,5 рази та покращення технологічної операції подрібнення кормів в порівнянні з серійними молотками зі сталі 65Г.

Список літератури

1. *Петрова А. М.* Структурообразование при отжиге композиции Т-Cr'$_3C_2$ / *А. М. Петрова, И. Д. Радомысельский, С. В. Титаренко* // Порошковая металлургия. – 1974. – №1. – С. 85–89.

2. *Радомысельский И.* Твердые сплавы из порошков карбида хрома и чугуна / *И. Радомысельский, В. Клименко* // Информационный листок. – 1961. – №12. – С. 34–39.

3. *Клименко В. Н.* Спекание, структурообразование и свойства порошковых материалов системы карбид хрома-железо / *В. Н. Клименко, В. А. Маслюк, Ю. В. Самброс* // Порошковая металлургия. – 1986. – №8. – С. 39–43.

4. *Упрочнение* бысторизнашивающихся поверхностей безвольфрамовыми твердыми сплавами и карбидо-содержащими сталями / *В. А. Маслюк, С. Г. Напара-Волгина, Р. В. Яковенко* // Международный научно-технический

семинар «Современные проблемы подготовки, производства, заготовительного производства, обработки и сборки в машиностроении и приборостроении» (21–23 февраля 2006). – Свалява, Украина. – С. 103–105.
5. *Упрочнение* бысторизнашивающихся поверхностей безвольфрамовыми твердыми сплавами и карбидо-содержащими сталями / *В. А. Маслюк, Г. А. Баглюк, С. Г. Напара-Волгина, Р. В. Яковенко* // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2007. – №1. – С. 42–48.
6. *Износо*-коррозионностойкие композиционные материалы на основе нержавеющих сталей для узлов трения машин и механизмов / *В. А. Маслюк, С. Г. Напара-Волгина, Л. Н. Орлова, В. К. Кудь, Р. В. Яковенко* // Порошковая металлургия в автотракторном машиностроении. Сварка и резка материалов. Материалы, технологии и оборудование для нанесения функциональных защитных покрытий» (26–30 марта 2007). – Минск, Беларусь. – С. 85–86.
7. *Яковенко Р. В.* Механические и трибологические свойства износокорозионностойких карбидосталей системы сталь – Cr_3C_2 / *Р. В. Яковенко, В. А. Маслюк, Г. А. Баглюк, В. Т. Варченко, Д. Н. Бродниковский* // Тезисы доклада II-й международной самсоновской конференции «Материаловедение тугоплавких соединений» (18–20 мая 2010). – Киев, Украина. – С. 91.
8. *Яковенко Р. В.* Трибологические и физико-механические свойства износостойких композитов на основе корозионностойких сталей / *Р. В. Яковенко, В. А. Маслюк, Г. А. Баглюк, В. Т. Варченко, Д. Н. Бродниковский* // Международный специализированный научно-технический семинар «Композиционные фрикционные материалы: свойства, производство, применение (25–26 мая 2010). – Минск, Беларусь. – С. 122–130.
9. *Яковенко Р. В.* Влияние способа получения на структуру и свойства карбидостали с добавками карбида хрома / *Р. В. Яковенко, В. А. Маслюк, Г. А. Баглюк, А. Е. Кущевский* // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – №10(152). – Ч. 1. – С. 281–284.
10. *Патент* №45567 Україна, МПК(2009), B22/F 7/02. Молоток для кормодробарок / *В. Д. Войтюк, М. І. Денисенко, О. О. Котречко, В. А. Маслюк, Р. В. Яковенко, Т. В. Олійник* ; заявлено 17.07.2009; опубл.25.12.2009. Бюл. №24.

Аннотация. *В статье установлено закономерности получения износостойких порошковых материалов типу карбидосталей на основе систем «хромистая сталь-карбид хрома» и разработка деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин.*

Ключевые слова: ***рабочие органы, абразивное изнашивание, хромистая сталь, композиционные материалы, долговечность, карбид хрома, горячая штамповка***

Annotation. *In paper conformities to law of receipt of wearproof powder-like materials are set to the type of steel-carbide on the basis of the systems «chromic steel-carbide of chrome» and development of details of workings parts of agricultural machines.*

Key words: ***workings parts, abrasive wear, chromic steel, composition materials, longevity, carbide of chrome, thermoforming***

УДК 632.952:66.02

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МІКОБІОПРЕПАРАТІВ ІЗ ПЛОДОВИХ ТІЛ ГРИБІВ

В. В. Теслюк, доктор сільськогосподарських наук
Національний університет біоресурсів і природокористування України
В. М. Барановський, доктор технічних наук
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
В. С. Спічак, кандидат технічних наук
Володимир-Волинський агротехнічний коледж

Анотація. *Викладені концептуальні технологічні основи виробництва мікобіопрепаратів з плодових тіл грибів (Fomes fomentarius (L. Fr.), Gill.). В основу концепції покладено використання грибних полісахаридів для захисту рослин від хвороб. Біотехнологія включає допоміжні (заготівля грибів, сушку і їх зберігання, подрібнення), та основні технологічні процеси (екстракція, відділення рідкої фракції, змішування компонентів) одержання мікобіопрепаратів.*

Ключові слова: ***гриби, подрібнення, екстракція, мікобіопрепарат, захист рослин, хітин, глюкани, біофунгіцид, біологічна ефективність***

Постановка проблеми. Сучасна концепція впровадження систем інтегрованого та біологічного (органобіологічного, органічного, екологічного, тощо) землеробства може бути забезпечена при застосуванні в технологіях вирощування сільськогосподарських культур для захисту їх від хвороб мікобіопрепаратів-індукторів резистентності на основі діючих речовин хітин-глюканового і меланінового комплексу. Аналіз наукових публікацій використання глюканів і хітозану (похідного хітину) свідчить про високу ефективність використання даних біополімерів в сільському господарстві. Протягом останніх десятиріч вивченню властивостей хітозану, як біологічно активної речовини приділялося багато уваги для застосування в різних напрямках: медицині, промисловості, парфумерії сільському господарстві, тощо. В результаті вивчення властивостей біополімеру щодо можливості застосування в сільському господарстві науковцями отримані позитивні результати застосування для підвищення стійкості рослин до хвороб і негативних впливів [1]. Основною сировиною для отримання хітину і продукту його переробки – хітозану залишаються панцери ракоподібних, перш за все крабів, креветок,

© В. В. Теслюк, В. М. Барановський, В. С. Спічак, 2016

омарів, лангустів. Результатами світових наукових розробок в напрямку створення біотехнології виробництва індукторів стійкості рослин до негативних впливів на основі хітозану стала поява на ринку зарубіжних країн біопрепаратів – індукторів стійкості рослин до негативних впливів таких як нарцисс, агрохіт, хітозар, фітохіт, та інші. Дані препарати показали позитивні результати як для біопрепаратів, але одним із суттєвих недоліків широкого промислового виробництва таких препаратів є нестабільне забезпечення сировиною, яка характеризується високою ціною та залежить від сезонності і до того ж пов'язана з віком та біологічним видом крабів. Тому вирішення даної проблеми спонукало вчених до пошуків інших сировинних джерел для отримання хітину і його похідних, а відтак і розробки технологічного забезпечення їх виробництва.

В результаті проведених пошукових робіт стосовно перспективних джерел отримання хітину і його похідних, нами був вибраний напрямок наукових досліджень зосереджений на розробці технології отримання зазначених біополімерів із плодових тіл грибів [2]. В результаті поглибленого аналізу наукових робіт встановлено, що крім хітину в грибах знаходяться лужнонерозчинні глюкани, які складно відділяти від хітину, тому вигідніше отримувати хітин-глюканові (ХГК) та хітозан-глюканові (ХТГК) комплекси (патент USA 4.368.322). Глюкани, як еліситори, здатні включати гени стійкості рослин та призводити до посиленого синтезу глюканаз і інших фітоалексинів. Еліситорні властивості глюканів відомі давно.

Хітин-глюканові (ХГК) та хітозан-глюканові меланінові (ХГМК) комплекси із грибної біомаси можна виділити в кількості до 10%, причому його вихід визначається видом продуцента та умовами вирощування. Техніко-економічна ефективність даних біополімерів підтверджена позитивними показниками і останнім часом набуває широкого використання в рослинництві, де хітин, хітозан і їх похідні є еліситорами, які стимулюють імунну систему рослин до негативних впливів, підвищують їх антигрибкову, антивірусну та антибактеріальну стійкість [3, 4].

Наші дослідження були направлені на вивчення методів отримання біологічно активних хітин-глюканових комплексів (ХГК) із вищих базидіальних грибів *(Fomes fomentarius (L. Fr.), Gill.).*

Мета досліджень полягала розробці біотехнологічних основ отримання мікобіопрепаратів із плодових тіл вищих базидіальних грибів *(Fomes fomentarius (L. Fr.), Gill.)*

Результати дослідження. Морфологічні показники тіл вищих базидіальних грибів *(Fomes fomentarius (L. Fr.), Gill.)*, як сировини для виготовлення мікобіопрепарату мікосан, визначали відповідно

до розроблених технічних умов [5]. Вологість плодових тіл після збирання та сушіння визначали відомими методиками. Однорідність і ступінь подрібнення грибної біомаси визначали шляхом підбору каліброваних отворів знімних решіток подрібнювача [6].

Вирощування дослідних культур в кожному регіоні здійснювали відповідно до технологій, прийнятих для даної ґрунтово-кліматичної зони. На основі аналізу наукових публікацій встановлено, що перспективною і актуальною сировиною для отримання **х**итин-глюканових (ХГК) та хітозан-глюканові меланінових (ХГМК) комплексів, які є основою діючої речовини мікобіопрепарату біофунгіцид мікосан є плодові тіла вищих базидіальних грибів *(Fomes fomentarius (L. Fr.), Gill.)*. Розроблений біотехнологічний процес отримання діючої речовини мікобіопрепарату включає в себе підготовчі або допоміжні та основні технологічні операції.

На основі приведеної схеми технологічного процесу можна зробити висновок, що технологія отримання мікобіопрепаратів є замкнутим циклом. В зв'язку з тим, що вона практично безвідходна і екологічно чиста, в схемі відсутні стадії переробки і обеззаражування відходів.

Рідинні відходи, які утворюються в технологічному процесі від використаних розчинів миючих засобів зливаються в побутову каналізацію, а використана під час санітарної обробки тканина утилізується разом з побутовими відходами на мусорозвалище. Нерозчинний залишок грибної біомаси накопичується в збірнику і передається на іншу технологічну лінію, де використовується сировиною для виробництва технічних сорбентів важких металів і радіонуклідів (згідно ТУ) або для виготовлення біологічно активної харчової добавки „Мікотон" (згідно ТУ).

Рідинний розчин екстракту насичений ГМК передається на подальше змішування з іншими компонентами і подальшою розфасовкою готового препарату. Плодові тіла дереворуйнівних афілофоральних грибів *(Fomes fomentarius (L. Fr.), Gill.)*заготовлюється в природніх умовах відповідно до розробленого державного стандарту [5]. Технологічний процес включає в себе такі операції: пошук грибів; відокремлення від субстракту; транспортування до пункту збору; сортування за видовими ознаками; попереднє подрібнення великих за розміром грибів; сушка, упаковка, маркування та зберігання до подальшої переробки.

Пошук грибів проводиться маршрутною схемою в місцях найбільш ймовірного їх проростання. В значній мірі вказані види грибів розповсюджені на мертвій деревині, але деякі можна зустріти на живих деревах (рис. 1). Плодові тіла можуть рости на різній висоті від основи дерева до 10 м і більше. Тому для зняття таких грибів

рекомендується застосовувати промислову драбину або довгі жердини.

Рис. 1. Розміщення плодового тіла гриба *(Fomes fomentarius (L. Fr.), Gill.)* на стовбурі берези.

Наступною технологічною операцією в технологічному процесі виробництва мікобіопрепаратів передбачено подрібнення плодових тіл грибів *(Fomes fomentarius (L. Fr.), Gill.).*

Послідуючою технологічною операцією в технологічному процесі виробництва мікобіопрепаратів є екстракція грибної біомаси для отримання лужного екстракту. Дана операція проводиться в промисловому реакторі при оптимізованих матеріальному балансі компонентів та при обґрунтованих часових проміжках проведення операції.

Отриманий рідинний лужний екстракт грибів необхідно відділити від нерозчинного залишку грибної біомаси Для цього в технологічному процесі використовується технологічна операція фільтрування шляхом застосування спеціальних фільтрів або центрифуги. При створенні дослідно-промислової установки практичне застосування центрифуга.

Завершальною технологічною операцією отримання мікобіопрепарату є змішування отриманого лужного екстракту з компонентами, які сприяють покращенню зберігання препарату та розширення спектру дії згідно перевіреної біологічної ефективності.

В результаті досліджень нами був отриманий екстракт на основі хітину, який показав високу еліситорну активність. На основі цього екстракту розроблений біофунгіцид «Мікосан» в двох модифікаціях: «Мікосан-Н» для передпосівної обробки насіння, цибулин, бульб, корінців розсади та саджанців, а також «Мікосан-В» для обробки рослин в період росту.

Висновки

1. Актуальним і перспективним напрямком захисту рослин від хвороб є стимуляція захисних механізмів рослин за рахунок використання мікобіопрепаратів на основі хітин-глюканових комплексів грибного походження.

2. Основною сировиною виробництва мікобіопрепаратів запропонована та досліджені плодові тіла афілофоральних грибів природного походження *(Fomes fomentarius (L. Fr.), Gill.),* які ростуть на березі, тополі та вільсі.

3. Досліджений і розроблений біотехнологічний процес виробництва мікобіопрепарату із плодових тіл грибів є новим науковим рішенням в галузі створення препаратів захисту рослин і є конкурентоспроможним та комерційно привабливим.

Список літератури

1. *Горовий Л. Ф.* Перспективи застосування біопрепаратів із грибів для захисту рослин та стан їх виробництва / [*Л. Ф. Горовий, І. І. Ревенко, І. І. Кошевський, В. В. Теслюк*] // Механизация производственных процессов рыбного хозяйства, промышленных и аграрных предприятий. – Керч: КМТИ, 2002. – Вып. 3. – С. 143–146.

2. *Феофилова Е. П.* Перспективные источники получения хитина из природных объектов / *Е. П. Феофилова, В. М. Терешина* // Новые перспективы в исследовании хитина и хитозана. – М., 1999. – С. 76–78.

3. *Патент* 29953 Україна, МПК (2006) A01N 63/00, A01N 65/00, A01P 1/00, A01P 3/00. Спосіб підвищення стійкості рослин до хвороб / *Горовой Л. Ф., Кошевський І. І., Редько В. В., Теслюк В. В.* Заявник і власник *Горовой Л. Ф., Кошевський І. І., Редько В. В., Теслюк В. В.* ; заявл. 27.02.2007; опубл. 11.02.2008.

4. *Кошевський І. І.* Активація захисних механізмів овочевих культур / *І. І. Кошевський, Р. В. Ковбасенко, В. М. Ковбасенко, В. В. Теслюк* // Інтегрований захист рослин на початку XXI століття. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Інститут захисту рослин. – К.: Колобіг, 2004. – С. 343–348.

5. *Теслюк В. В.* Технологічна оцінка подрібнення грибів для виробництва біофунгіциду / *В. В. Теслюк* // Вісник аграрної науки. – 2010. – № 11. – С. 27–30.

Аннотация. *Изложены основы разработанной технологии производства микобиопрепарата из плодовых тел грибов (Fomes fomentarius (L. Fr.), Gill.). Разработанная технология включает*

заготовку грибов, сушку и их хранение, измельчение, экстракцию, отделение жидкой фракции,смешивание компонентов.

Ключевые слова: ***грибы, измельчения, экстракция, микобиопрепарат, защита растений, хитин, глюкани, биофунгицид, биологическая эффективность***

Annotation. *Bases of developed technology of production of mikobiopreparat, are expounded from the fruit bodies of mushrooms (Fomes fomentarius (L. Fr.), Gill.). The developed technology includes the purveyance of mushrooms, drying and their storage, growing, extraction, separation of liquid faction, mixing of components.*

Key words: ***mushrooms, growings, extraction, mikobiopreparat, defence of plants, chitin, glukans, biofungicide, biological efficiency shallow***

УДК 378:331.4(072)

ORGANIZATION OF INDEPENDENT AND EXTRAMURAL STUDY OF UNIVERSITY STUDENTS WHILE STUDYING "OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY" SUBJECTS

O. V. Voinalovych, Candidate of Technical Sciences
T. O. Bilko, Candidate of Biological Sciences

Annotation. *Organization of independent study of University students consisting of "Occupational Health and Safety" subjects is characterized by certain features due to the need to motivate students in order to shape OHS overlook. In addition to traditional forms, that kind of independent study should provide training to participate in business games; analysis of work situations, in particular the development of workplace passports; presentation of scientific research findings in order to attend the conference.*

Key words: ***"Occupational Health and Safety" Course Unit, students independent study, shaping OHS overlook***

Introduction. Now, referring to the Bologna Declaration and the Regulations "On organization of educational process in higher educational institutions", approved by the Ministry of Education of Ukraine from 02.06.1993 g. № 161, Higher Education Institutions (HEIs) are paying great attention to the implementation of different types of

© O. V. Voinalovych, T. O. Bilko, 2016

independent study in the learning processes. Independent study is viewed as an important instrument of learning outside the classroom studies.It is found that when students work on their own tasks, ranging from awareness of the problem to the analysis of the results, the rate of assimilation of useful information close to 90% [1].

"Occupational Health and Safety" course units are focused not only on familiarization of students with scientific and practical bases of these subjects, but also on their acquisition of a high level of knowledge and skills concerning Occupational Health and Safety.This can be achieved by forming student's personality who will ensure compliance with occupational health and safety standards, guided by current legal documents, and understanding how to develop and implement them. We can prepare a student for such activities by carrying-out of his independent study. This will allow him develop the qualities of independent acquisition of new knowledge. And it is very essential for health and safety occupation, where legal and regulatory framework has changed significantly from year to year. Efficiently organized and systematic independent study during OHS subjects should become a basis and be one of the determining factors of forming identity of a modern agro-industry manager.

The main tasks of students`independent study concerning health and safety subjects are: to teach students to work independently with current legal documents; to form students' skills in finding OHS information in various documents and analysis; to show students the need to make real efforts towards understanding of OHS documents often used dry and formalized language without adequate explanation.

Outcome of recent research. Independent study as an important component of the educational process includes a combination of different types of individual and collective training in the classroom and outside of studies, without a teacher and under his guidance [2]. Now, at universities, independent study broadly covers review of classroom training steps: the gradual mastering of new material, its consolidation, the practical application, etc. [3]. The effectiveness of independent study depends on its organization, content, interaction and the nature of tasks, task results [4].

Business activity of a modern employer is characterized by the capacity to independently get all relevant information, quickly navigate in abnormal situations, and constantly improve his professional growth [1]. For that reason, university studies will not comply with modern requirements, if no attention is paid to mastering basic skills of information-retrieval system. Practice of production shows that only the knowledge the student independently obtained, throught his own experience, searching and understanding, becomes his heritage [5].

The tasks of students independent study of OHS subjects – to broaden and consolidate their theoretical knowledge, intensify students creativity, develop skills of working with legal and normative acts and with reference books, learn how to make OHS decisions in project documents on their own, to gain experience in respect of engineering calculations based on OHS documents (in future they will be used in the graduation project, as well as in engineering degree field), to prepare for individual planning for creating safe and healthy working conditions in all industries [6–8].

Research objective – to identify modern approaches to the organization of independent study of students attending "Occupational Health and Safety" subjects and provide recommendations to prepare students for performing various tasks of OHS subjects.

Research findings. The nature of most business games, as well as practical laboratory works in " Basics of Occupationa Health and Safety at work", "Occupational Health and Safety in the industry", "Industrial hygiene", "Production Processes Safety" and others can be regarded as an inquiry-based learning, so students have to prepare before conducting business games. To start them a student has to produce a theoretical framework, issued for self-learning purposes, study the appropriate sections of the recommended literature, review OHS legal and normative acts.

For good performance of students` independent study, an instructor must ensure certain creteria:

- maintain a balance of classroom and independent studies;
- support a methodically well-structured study in the classroom and outside of studies; provide students with the necessary teaching materials, which involve certain independent study. Independent study procedure includes imaginative and analytical touches;
- monitoring the study performance and its results in order to encourage students to execute their work of high quality etc.

Special attention shall be paid to a courseware availability for students independent study through the use of information technologies. In particular, the use of existing OHS computer resources can be proposed so as to achieve the maximum possible benefits. The development of computerized work places of OHS engineer is now very relevant, where, besides reference materials they need to place educational OHS materials, taking into account pedagogical and didactic requirements.

Students independent study of OHS subjects may include: the preparation of scientific papers, settlement operations etc, training for participation in a business game; analysis of work situations where there are violations of OHS guidelines; presentation of the results of performed

scientific research in order to participate in the scientific conferences and seminars; training for participation in academic competitions etc.

It was extremely necessary to develop and implement the Model Curricula of basic OHS subjects, and after all it became a powerfulinstrument for keeping the content teaching of these subjects at an adequate level, optimal distribution ratio of lectures, laboratory and practical studies. So, it has tasked universities to add OHS sections to graduate work (projects). However, these programs pay little attention to the performance of independent study and industry internship.

As an example of independent study, students may be offered to develop documents covering OHS issues within a company: instructions,briefing texts, lists, letters, reports etc. In this regard, students need to provide standard forms of documents in computer form. It typifies a work-site arrangement of an OHS specialist, PC-based and with the appropriate documentary filling.

Future in terms of Occupational Health and Safety – operational accounting and rapid finding of OHS information, so the work of OHS specialist without a PC is now perceived as archaism. Upgrading of OHS outlook on an information computer platform should be the basis of students independent study.

Students OHS independent study should include: information visualization (methodological guidelines for independent study, OHS document sheets document, viewing presentations and educational films, etc.), interactivity (preparation for business games, performance of test tasks regarded to analysis of the actions of officials and employees in case of problematic situations at an enterprise). This structure would enhance the efficiency of students OHS independent study.

For example, in preparation for a business game "Fire safety inspection at the enterprise" students should familiarize themselves with the list of OHS documents, which should be developed and implemented at the enterprise. The aim of the game is to acquire business skills in informed decision-making to improve industrial fire safety. The task of the game is to simulate the elements of industrial activity of fire safety officers and company officials. Students, as members of the business game should simulate the functional responsibilities of company officials within the subordination of safety management system (SMS) and prepare lists of all necessary fire safety documents.

Fig. 1 shows an example of a test job for students` independent study on "Occupational Health and Safety in the industry." They need to arrange OHS specialist’s activity in the correct order in case of work place certification under working conditions (certain items in the above list of actions are specifically written incorrect).

A test job for students` independent work on "Occupational Health and Safety in the industry."

Arrange OHS specialist's activity in the correct order in case of work place certification under working conditions

1. Work out an agreement with the regional sanitary-epidemiological station on instrumental surveying of working environment.
2. Determine whether the regional sanitary-epidemiological station is licensed by the Ministry of Health of Ukraine for the work place certification under working conditions
3. Submit a list of members of the Commission for approval to the Head of the company for the work place certification under working conditions
4. Fill worksheets of working environment (sanitary condition of workplaces), where the certification was held.
5. Make a list of workplaces where the work place certification must be held.
6. Verify the regional sanitary-epidemiological station for availability of current certificate of devices used for measuring working environment.
7. Write out standart (permissible, optimal) values of working environment from OHS documents (reference books), where the work place certification will be held.
8. Obtain approval of the list of members of the Commission from an Inspector of The State Service of Mining Supervision and Industrial Safety.
9. Establish benefits and workers`compensation on the results of the certification for those who work in hazardous or arduous conditions.
10. Organize Equipment Location Plan, where the work place certification will be held.
11. Make a list of workplaces, processes, professions and positions with poor working environment
12. Clarify existing benefits, make proposals for setting new benefits and compensation depending on working environment, determine expenditure budget for these items
13. Demarcate workplaces (workspaces) where the work place certification will be held.
14. Elaborate measures to improve working environment.

Fig. 1. Test job for students independent study on "Occupational Health and Safety in the industry."

To perform the test task, students have to draw up a text NPAOP 0.00-6.23-92 "On the procedure of workplace certification under working conditions" on their own and develop an algorithm of procedure of workplace certification on working conditions listing the duties of officials.

Study of health and safety matters during their internships should be considered as performance of students inderpendent study led by both with or without teacher. Before sent to a training place, students should be oriented towards identification of harmful and hazardous occupational factors at work and developping measures to prevent dangers and harmful factors. These questions should be issued as a separate paragraph in the implementation report of practical training.

As an example of independent study, students may be offered to develop workplace passports in training places in training and research farms (TRF) of Agricultural Universities. Such passports can serve as a cautionary tale concerning students` participation in the production process where there are uneliminated dangers. A passport excerpt for one of the most common training places in training and research farms (TRF) of Agricultural University is shown in Fig. 2.

A Passport of OHS requirements at training workplaces in TRF of Agricultural University

Workplace of Internship: *Machine and Tractor Park*

Brief description of the performed work: *Setting up and control of farm equipment.*

Potential dangerous production factors: *moving machines; unhedged rotating (moving) parts of agricultural machinery; sharp tools and sharp edges of machine parts; work at height (1.3 meters above the work platform).*

Potential harmful production factors: *fuels, lubricating oils, oil, deposited directly on unprotected body parts; adverse weather conditions or solar radiation when working outdoor; dirt and dust on machine parts; noise and vibration while the machine is running; the need to lift and carry heavy objects.*

The list of activities necessary to eliminate the existing (potential) dangers: *Provide students with special clothes, gloves and (if necessary) personal protective equipment; do not exceed the norms of lifting and carrying loads by students; restrict work deadlines under adverse weather conditions; avoid start work if dust and hazardous materials are in the breathing zone of workers (if the concentrations are exceeded MPCs (maximum permissible concentrations); don't allow students to stay in the danger zone near agricultural units, that move during launch operations; adjustment and repair work is necessary to be performed after aggregate has been switched off and after tractor`s pto disconnection.*

Fig. 2. Passport of student`s workplace in TRF of Agricultural University.

Passports should be approved by the responsible person of TRF and Agricultural Faculty Internship Supervisor in oder to ensure the health and safety in the training place.

Conclusions. Organization of independent study of university students consisting of "Occupational Health and Safety" subjects is characterized by certain features due to the need to motivate students in order to shape OHS overlook.In addition to traditional forms, that kind of independent study should provide training to participate in business

games; analysis of work situations, in particular the development of workplace passports; presentation of scientific research finding in order to attend the conference.

References

1. *Мороз В. Д.* Самостійна навчальна робота студентів : монографія / *В. Д. Мороз*. – Х.: ХМК, 2003. – 64 с.
2. *Кучерявий А. О.* Основи самостійної навчальної діяльності : навч. посіб. / *А. О. Кучерявий, М. В. Балко*. – Донецьк : ДЮІ ЛДУВС ім. Е. О. Дідоренка, 2010. – 200 с.
3. *Шишкіна Н. О.* Організація самостійної роботи студентів у процесі вивчення юридичних дисциплін у вищому навчальному педагогічному закладі : Автореф. дис... канд. пед. наук : 13.00.04 / Харк. держ. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди. – Х., 2004. – 21 с.
4. *Козловська І. М.* Інтегративний підхід до вибору та використання методів навчання у професійній освіті / *І. М. Козловська, О. С. Білик* // Проблеми освіти: наук.-метод. збірник. – К.: Науково-методичний центр вищої освіти, 2004. – Вип. 39. – С. 144–151.
5. *Попов Ю. В.* Практические аспекты реализации многоуровневой системы образования в техническом университете: организация и технологии обучения / *Ю. В. Попов, В. Н. Подлеснов, В. И. Садовников*. – М., 1999. – 52 с.
6. *Інженерні* рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей : навч. посіб. / За ред. *В. В. Сафонова*. – К.: Основа, 2000. – 336 с.
7. *Войналович О. В.* Сучасні підходи щодо організації інтенсивного навчання з питань охорони праці / *О. В. Войналович, Д. А. Дерев'янко, О. А. Шевчук* // Збірник наукових праць 10-ї міжнародної науково-методичної конференції «Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика». – К.: Центр учбової літератури, 2011. – Т. 1. – С. 116–121.
8. *Секачева Л. М.* Инновации в обучении охране труда: проблемы внедрения / *Л. М. Секачева, А. И. Овчаров, Т. И. Касьянова* // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. – С. 105–112.

Анотація. *Організація самостійної роботи студентів внз, що вивчають "охорону праці та безпеку життєдіяльності", як суб'єктів характеризується певними особливостями у зв'язку з необхідністю мотивувати студентів для того, щоб сформувати належні навички і вміння. На додаток до традиційних форм запропоновано вид самостійного вивчення, який повинен забезпечити підготовку для участі в ділових іграх через аналіз виробничих ситуацій, зокрема, розвиток паспортів робочих місць, презентацію наукових досліджень для того, щоб взяти участь у конференціях.*

Ключові слова: ***"Охорона праці та безпеки життєдіяльності", блок курс, незалежне навчання студентів, формування навичок і вмінь***

Аннотация. *Организация самостоятельной работы студентов вузов, изучающих "охрану труда и безопасность жизнедеятельности", как субъектов характеризуется определенными особенностями в связи с необходимостью мотивировать студентов для того, чтобы сформировать соответствующие навыки и умения. В дополнение к традиционным формам предложено вид самостоятельного изучения, который должен обеспечить подготовку для участия в деловых играх через анализ производственных ситуаций, в частности, развитие паспортов рабочих мест, презентацию научных исследований для того, чтобы принять участие в конференциях.*

Ключевые слова: ***"Охрана труда и безопасности жизнедеятельности", блок курс, независимое обучение студентов, формирование навыков и умений***

УДК 378.147.88–057.87

АКТИВІЗАЦІЯ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ В УМОВАХ ПРАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ

О. А. Дьомін, І. О. Колосок, кандидати педагогічних наук

Анотація. *В статті розглядаються проблеми навчального процесу аграрного вишу, що пов'язані з неоднаковою готовністю студентів до вивчення предмету "Сільськогосподарські машини та їх використання". Запропоновані дійові шляхи їх вирішення за рахунок диференціації підходів в управлінні пізнавальною діяльністю студентів.*

Ключові слова: ***пізнавальна діяльність, сприймання, вправи, мотив, понятійно-логічна сфера мислення, образна сфера мислення, емоційна сфера мислення, практичні завдання***

Постановка проблеми. Успіх соціально-економічного розвитку країни в умовах ринкової економіки значною мірою забезпечується рівнем професійної і загальної підготовки випускників вищих навчальних закладів. Підготовка сучасних фахівців аграрного сектору повинна орієнтуватися на формування кваліфікованих ефективних господарів землі, які мають необхідний запас фахових

© О. А. Дьомін, І. О. Колосок, 2016

знань, володіють сучасною технікою та технологією сільськогосподарського виробництва. У зв'язку з цим одним із головних завдань, що постає перед вищою школою в сучасних умовах, є забезпечення якості практичної підготовки студентів-аграрників, адекватної вимогам сьогодення.

Без глибокого аналізу теоретичних основ практичної підготовки і результатів досліджень психологів неможливо розробити, організувати та здійснити ефективну практичну підготовку студентів, що прокладає місток від знань до умінь їхнього практичного застосування, тобто формує професійні якості майбутніх фахівців-аграрників. Все це обумовлює необхідність удосконалення, зокрема, існуючих форм і методів навчання, розробку спеціальних методик практичної підготовки.

Аналіз останніх досліджень. Вирішенню проблеми підвищення якості професійної підготовки висококваліфікованих фахівців – аграрників присвячені наукові розробки таких відомих вчених як С. І. Архангельського, С. Я. Батишева, А. І. Дьоміна, Б. П. Єсіпова, С. І. Зінов'єва, О. П. Кондратюка, Г. С. Костюка, Є. О. Мілеряна, С. Л. Рубінштейна, Н. Ф. Тализіної, Д. О. Тхоржевського, С. А. Шапоринського та ін. Вирішенням актуальних питань практичної підготовки студентів у вищих аграрних закладах освіти займалися І. Й. Блозва, А. А. Бугерко, Д. Г. Войтюк, В. С. Гапоненко, А. А. Гуменюк, А. І. Дьомін, Г. І. Живолуп, В. М. Красильников, П. В. Лауш, П. Г. Лузан, І. І. Паламар, В. І. Рябець, Д. А. Сметанін, П. Н. Ярошенко, Л. О. Ярошенко та ін.

Мета досліджень – виявлення характерних особливостей у методиці практичної підготовки студентів під час вивчення ними предмету "Сільськогосподарські машини та їх використання" та її удосконалення з урахуванням специфіки сприймання студентами начального матеріалу.

Результати досліджень. Переважна більшість студентів аграрного вишу – мешканці сільської місцевості, де саме життя дає можливість молоді спостерігати за виробничими процесами в сільському господарстві або безпосередньо брати в них участь. Це один з найважливіших чинників, що надалі допомагає студенту під час навчання – з окремих дисциплін, в тому числі й технічних. Частина студентів – мешканці міста або поселень міського типу. Вони мають досить приблизну уяву щодо процесів сільськогосподарського виробництва та про машини, які використовуються в них. Досвід викладання предмету "Сільськогосподарські машини та їх використання" отриманий в процесі лабораторних занять, враховуючи перелічені об'єктивні обставини, дає підстави застосовувати індивідуальний підхід до

студентів під час їхнього навчання.

Для того, щоб отримати більш чітке уявлення про особливість сприймання студентами дисципліни “Сільськогосподарські машини та їх використання” за рівнем попередньо набутих знань з сільськогосподарської техніки, ми умовно поділили студентів 2 курсу агрономічного факультету одного з аграрних ВНЗ, де проводились спостереження, на чотири підгрупи:

1. Студенти, які не бачили сільськогосподарської техніки.

2. Студенти, які тільки бачили сільськогосподарську техніку та не мають досвіду її використання.

3. Студенти, які до навчання в університеті мали можливість ознайомитись з сільськогосподарськими машинами та мають невеликий досвід їх використання.

4. Студенти – випускники технікумів аграрного профілю, які мають попередню фахову освіту за своєю спеціальністю та, відповідно, отримали знання та уміння з дисципліни “Сільськогосподарські машини”.

Перевагу під час навчання за рівнем попередньо набутих знань мають студенти четвертої підгрупи, які навчались в сільськогосподарських училищах або технікумах. Деякі з цих студентів мають посвідчення тракториста-машиніста категорії “А”. Працювати з такими студентами значно легше, бо вони володіють базовими знаннями, вільно оперують у відповідях технічними термінами та, зазвичай, не мають труднощів у складанні заліку чи іспиту. Навчання для цієї підгрупи студентів є не механічним повторюванням раніш вивченого, а можливістю закріпити та розширити знання і вдосконалити уміння, перевірити міцність отриманих знань у спілкуванні з викладачем. При нагоді їм цікаво допомогти своїм менш підготовленим товаришам опанувати складний для них навчальний матеріал.

Труднощі у вивченні дисципліни виникають у студентів перших трьох підгруп. Ці труднощі у кожній підгрупі відрізняються за характером прояву.

Студенти першої підгрупи, які взагалі не бачили сільськогосподарську техніку, або просто раніше не звертали на неї уваги складають приблизно 10–15% на курсі. Вони відчувають найбільші труднощі при вивченні технічних дисциплін. Переважно, це студенти, які пішли в аграрний ВНЗ не за покликанням, а за інших причин: ближче від дому; менший конкурс; престижність навчального закладу, його старовинні красиві корпуси; різноманітність процесу практичної підготовки (можливість навчитись керувати технікою).

Відчувши на собі тягар необхідності вивчення абсолютно нової навчальної технічної інформації більшість таких студентів швидко

втрачають первинний ентузіазм та впевненість у своїх можливостях. Такі студенти в першу чергу ризикують опинитися в “капкані” негативних відчуттів: тривога, страх, провина. У них з’являється відчуття власної неспроможності. Через надмірні переживання такі студенти відразу відмовляються від будь-яких дій або починають вчитися кволо, без бажання, заздалегідь налаштовуючись на відсутність позитивного результату навчання. Ось кілька фраз самовиправдовування таких студентів: “…я в цих сільськогосподарських машинах все одно нічого не розумію, і не зрозумію” або “…в село я їхати не збираюсь, тому для чого мені вчити сільськогосподарські машини, тільки голову забивати зайвою інформацією”.

Професор Є. Є. Васильєва цілком справедливо прогнозує, що такі студенти не зможуть навчитися нічому взагалі. Внаслідок негативних емоцій в їх свідомості утворюється замкнуте коло: має сумнів значить не вірить в свої сили, а раз не вірить, то мозок не готовий сприймати знання [1]. Тобто мозок у таких студентів на заняттях з сільськогосподарських машин стає пасивним для сприймання навчальної інформації і вони заздалегідь обрікають себе на негативний результат навчальної роботи.

Для того, щоб це негативне коло не спрацьовувало необхідно “розбудити” мозок студентів першої підгрупи, залучити їх до активної пізнавальної діяльності.

Для початку вважаємо необхідним адаптувати пізнавальну діяльність студентів до сприймання складних, на їх погляд, сільськогосподарських машин через порівняння цих машин з ручними знаряддями праці. Тут необхідно використати попередній досвід роботи студентів на дачних ділянках, шкільних суботниках і т.д.. Адаптація повинна проходити шляхом бесіди з відповідними питаннями для студентів. Наприклад:

- Яке ручне знаряддя замінює зубову борону?

Обов’язково хтось із студентів скаже:

- Граблі.

Слід підтримати цю правильну відповідь:

- Так, правильно, граблі.

Далі продовжуємо в такому ж порядку:

- Яке знаряддя замінює плуг?
- Лопата.
- А що замінює міжрядний культиватор?
- Сапа.

Відповідаючи на запитання студенти не тільки проводять логічні паралелі між “складними” сільськогосподарськими машинами і “простими” ручними знаряддями, а також уявляють процес роботи

який цими знаряддями виконується. Після подібної адаптації сільськогосподарські машини вже не здаються такими складними, як спочатку. Пізнавальна діяльність починає активізуватися і тепер можна переходити до наступного етапу вивчення нової навчальної інформації. Студенти, що входять до складу другої підгрупи, які тільки бачили сільськогосподарську техніку та не мають досвіду її використання складають, приблизно, 50–60% від загальної кількості на курсі. Ці студенти знайомі з сільськогосподарською технікою або завдяки мешканню у сільській місцевості, або тому, що бачили її на території університету, або завдяки своїй допитливості. Труднощі, що виникають на перших етапах навчання у студентів цієї підгрупи, пов'язані з відсутністю або недостатністю досвіду сприймання інформації про сільськогосподарську техніку. При цьому пізнавальні дії спрямовані на оволодіння певними технічними знаннями, а для студентів неінженерних факультетів знання пов'язані з технікою, є складними та специфічними. Засвоєння знань з технічної дисципліни ускладнюється ще й недостатнім рівнем володіння технічною термінологією. Це, насамперед, виявляється в нерозумінні таких простих понять як "шнек", "рама", "шліци", "гряділь", "карданна передача", "механізми приводу", "гідроциліндр", "бітер" та багато інших. Під час роботи зі студентами першої та другої підгруп, великого значення набуває використання наочності на лабораторних заняттях, але не у вигляді схем, малюнків у підручниках, плакатів, макетів машин, а безпосередньо об'єктів, які розглядається у натуральному вигляді. Це дає змогу студенту ознайомитись з реальними розмірами машини, її будовою, розташуванням деталей та механізмів. Для поглибленого розуміння об'єкту, що вивчається, викладачу доцільно використовувати такий метод навчання як вправи. Саме вправи у вигляді практичних завдань на відшукування деталей, вузлів, складових частин, які мають певне призначення, повинні сприяти активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів першої та другої підгруп [2]. Так, наприклад, під час вивчення теми "Плуги", вправи містять такі завдання:

- відшукати та показати робочі органи плуга ПЛН-3-35;
- відшукати та показати допоміжні частини плуга ПЛН-3-35;
- перелічити та показати, з яких частин складається корпус плуга, назвати їх призначення;
- перелічити та показати, з яких частин складається передплужник, назвати призначення кожної з них (та багато інших) [3, 4].

Дещо інші за проявом труднощі виявляються у студентів третьої підгрупи, що мають окремі, неупорядковані знання та уміння. В процесі сприймання знань вони відчутно відрізняються від

представників першої та другої підгруп, бо деякі з них мали можливість виконувати оранку, працювати помічником на комбайні, виконували дрібний ремонт сільськогосподарської техніки, тощо. Але отримані до вступу в університет знання та уміння поверхневі, бо мають свої корені лише у власному чуттєвому або практичному досвіді без відповідної систематизації та поглиблення. Так, наприклад, студент знає, як працює плуг, але не може назвати його основні регулювання. Має практичні знання про процес роботи комбайна, але не може назвати його складових частин та їх функції (наприклад, мотовила). Значно відрізняється і поведінка студентів третьої підгрупи від решти на лабораторних заняттях, вони неуважно слухають викладача, відволікаються. Труднощі виникають і під час захисту звітів з лабораторних робіт, коли на поставлені викладачем питання стосовно будови та регулювання сільськогосподарської машини відповідь студента містить багато грубих помилок. Таким чином, труднощі під час навчання, що виникають у студентів третьої підгрупи, базуються на власному помилковому уявленні про рівень своїх знань та умінь, на небажанні працювати разом з групою на заняттях, користуватись підручниками та довідковою літературою. Для того, щоб спрямувати пізнавальну діяльність таких студентів на активне засвоєння потрібної навчальної технічної інформації, викладач повинен своєчасно відновити дію рушійної сили процесу навчання. Для цього ми створюємо ситуацію, що дасть змогу студенту виявити дійсний рівень своїх знань. Вона реалізується під час бесіди викладача зі студентами або під час виконання ними комплексу практичних завдань, що дасть можливість без втручання викладача оцінити рівень своїх знань. Практичні завдання даємо такого характеру:

- показати, як переобладнати плуг ПЛН-3-35 з ширини захвату 105 см на ширину захвату 90 см;
- показати на начіпному механізмі трактора МТЗ-80/82 отвори, через які слід з’єднувати розкіс з нижньою тягою під час агрегатування плугу ПЛН-3-35;
- показати, як на сівалці СЗ-3,6А встановити вибране передаточне число механізму приводу зернових апаратів під час налагодження сівалки на задану норму висіву;
- показати, як регулюють кут входження стрілчастої лапи у ґрунт на культиваторі КПС-4;
- показати на начіпному механізмі трактора МТЗ-80/82 отвори, через які слід з’єднувати розкіс з нижньою тягою під час агрегатування широкозахватних культиваторів, тощо [3, 4].

Розглянемо деякі аспекти, що впливають на пізнавальну діяльність студентів перелічених підгруп на лабораторних заняттях.

Відомо, що будь-яка діяльність людини характеризується не тільки наявністю змістовних цілей, а й наявністю мотивів. Мета діяльності – це те, на що вона спрямована і що повинно складати її прямий результат. “Мотив – це те, що зумовлює прагнення людини до даної, а не якої-небудь іншої мети” [5]. Цим терміном позначають ті спонукальні причини, що зумовлюють цілеспрямовану діяльність людей. Для студентів перелічених підгруп спонукальними причинами або мотивами до навчання є потреба пізнання нового. Але виникає питання: чому ця потреба для студентів першої, другої та четвертої підгруп викликає мотивацію оволодіння знаннями, а для студентів третьої підгрупи ця мотивація втрачена?

Внаслідок задоволення або незадоволення потреб у людини виникають певні емоції. Вчені-психологи стверджують, що в когнітивному плані в людини працюють три основні сфери психічної діяльності: понятійно-логічна; образна; емоційна [6].

Понятійно-логічна сфера мислення дає змогу студенту сприймати й розуміти закономірності, закони, конкретні й абстрактні поняття, які відображають існуючі процеси, явища, предмети та інші об’єкти, що вивчаються. Завдяки такій позитивній властивості понятійно-логічної сфери мислення на неї покладається основне суб’єктивне навантаження у навчанні. Для того, щоб студент мав змогу досконало зрозуміти навчальний матеріал і добре оволодіти знаннями потрібний відповідний час розумової роботи його понятійно-логічної сфери. У роботі цієї сфери мислення в процесі оволодіння знаннями простежуються три взаємопов’язаних етапи. Перший етап – формування основ понять, їх початкове розуміння і запам’ятовування, що потребує багаторазового повторення навчальної інформації. Другий етап – різнобічне відтворення і осмислення основ понять, їх доповнення новими відомостями і формування умінь пов'язувати ці поняття із знаннями нової інформації. Третій етап – виникнення нових проблем, гіпотез і пошуки їх розв’язання. Це етап творчого застосування знань. Образне мислення відбувається на основі безпосереднього і опосередкованого сенсорного сприймання інформації про явища, процеси, предмети. Емоційна сфера мислення сама по собі не виконує роботу з осмислення інформації. Проте вона може значно впливати на діяльність обох сфер мислення. Тому емоційна сфера в процесі навчання не використовується як самостійна пізнавальна сила. Розглянемо студентів третьої підгрупи на предмет визначення мотивів до навчання. Як зазначалось вище, студенти цієї підгрупи знайомі з сільськогосподарською технікою на певному рівні і потреба пізнання нового в них є. Але враження нового пройшло. Студент не один раз бачив, наприклад, плуг або культиватор, мав можливість

виконувати деякі технологічні операції під контролем досвідчених наставників. Тому потреба пізнання нового не викликає мотивів до навчання, ця потреба задоволена. Переживання незадоволення потребою на рівні емоційної сфери мислення вже пройшло і тому спонукання, прагнення до дій, спрямованих на предмет вивчення не відбувається. До того ж, емоційна сфера мислення не терпить повторень. Під час викладання на лабораторних заняттях навчального матеріалу, з яким частково обізнані студенти третьої підгрупи, вступає в дію емоційна сфера і викликає гальмівні процеси в пізнавальній діяльності студентів, емоції відключають від роботи понятійно-логічну і образну сфери мислення. Для того, щоб нейтралізувати негативну дію емоційної сфери і підключити студентів до пізнавальної діяльності нами запропоновані практичні завдання, що руйнують у студентів установку про достатність рівня своїх знань. Практичні завдання відкривають ті сторони об'єкта пізнання, які ще невідомі студенту і таким чином відновлюється мотивація пізнання нового.

Для студентів першої та другої підгруп потреба пізнання нового збереглася. Переживання незадоволення потребою включає спонукання, прагнення до дій на оволодіння об'єктом пізнання. Емоційна сфера мислення студентів цих підгрупи підключає до пізнавальної діяльності понятійно-логічну і образну сфери мислення. Студентам першої та другої підгруп для сприймання навчальної інформації про конкретну сільськогосподарську машину і розуміння технічної термінології треба мати образну уяву про предмет вивчення, яка створюється в результаті безпосередньої дії властивостей цього предмета на органи чуття. Проте наочність ще не дає повного пізнання, вона є тільки сходинкою до пізнання. Наочність повинна супроводжуватись роботою думки, встановленням відповідних зв'язків, визначенням причин, порівнянням та узагальненням. Для того, щоб студент мав змогу досконало зрозуміти навчальний матеріал і добре оволодіти знаннями потрібний відповідний час розумової роботи його понятійно-логічної сфери мислення. На першому етапі роботи понятійно-логічної сфери відбувається пасивне сприймання студентами навчального матеріалу – вони слухають лекцію або пояснення викладача на лабораторних заняттях, працюють з підручником, методичним посібником. Але пасивне повторення не дає змогу надати знанням діяльних властивостей. Пасивне повторення обов'язково змінюється активним, коли студент відтворює свої знання під час усних відповідей. Саме вправи у вигляді практичних завдань на відшукування елементів деталей і вузлів, які мають певне призначення є активним повторенням, що

дає змогу студенту відтворити і систематизувати знання, закріпити їх в пам'яті, показати уміння застосовувати теоретичні знання до практичних дій.

У студентів четвертої підгрупи, найбільш підготовлених до сприймання навчальної інформації з предмету “Сільськогосподарські машини та їх використання”, знання сформовані на першому етапі роботи понятійно-логічної сфери мислення. Перевага в рівні сформованості знань перед представниками перших трьох підгруп виявляється в достатньо швидкому переході роботи понятійно-логічної сфери мислення від першого до другого етапу, етапу продуктивного відтворення і застосування знань у різних умовах. Об’єм та зміст навчальної інформації на лабораторних заняттях викликає інтерес, пов’язаний з відновленням мотивації пізнання, виникає переживання потреби, або точніше переживання її незадоволення. Переживання незадоволення потребою підключає емоційну сферу мислення, яка в свою чергу позитивно впливає на понятійно-логічну і образну сфери, спонукаючи їх до активної пізнавальної роботи.

Висновок. Вправи та практичні завдання, які ми пропонуємо для застосування під час проведення лабораторних занять мають за мету стимулювати пізнавальну діяльність студентів під час вивчення дисципліни “Сільськогосподарські машини та їх використання”. Вправи та практичні завдання з дисципліни “Сільськогосподарські машини та їх використання” є засобами активізації пізнавальної діяльності студентів і складають невід'ємну частину основного методичного комплексу, що спрямовує студентів на засвоєння складної навчальної технічної інформації, зосереджує увагу певної частини студентів на недостатньому рівні попередньо набутих ними знань з сільськогосподарської техніки, стимулює їх на активну навчальну діяльність.

Список літератури

1. *Васильева Е. Е.* Суперпамять, или как запомнить, чтобы вспомнить?: экзамены и карьера без проблем / *Е. Е. Васильева, В. Ю. Васильев*. – М.: Аристель: Аст Хранитель, 2007. – 478 с.

2. *Дьомін А. І.* Розвиток пізнавальної діяльності учнів / *А. І. Дьомін*. – К.: Вища школа, 1978. – 72 с.

3. *Методика* преподавания предмета “Механизация и электрификация сельского хозяйства” / Под ред. *Д. А. Сметанина*. – К.: Вища школа, 1984. – 240 с.

4. *Механізація* сільськогосподарського виробництва і захисту рослин : навч. посібник / Д. Г. Войтюк, І. В. Адамчук, Г. Р. Гаврилюк, О. С. Марченко ; За ред. Д. Г. Войтюка. – К.: Вища школа, 1993. – 512 с.

5. *Психологія* : підручник / За ред. Г. С. Костюка. – К.: Радянська школа, 1961. – 584 с.

6. *Формування* активності студентів у навчанні : монографія / П. Г. Лузан, А. І. Дьомін, В. І. Рябець. – К.: Вища школа, 1998. – 192 с.

Аннотация. *В статье рассматриваются проблемы учебного процесса аграрного вуза, связанные с различной готовностью студентов к изучению предмета "Сельскохозяйственные машины и их использование". Предложены действенные пути их решения за счет дифференциации подходов к управлению познавательной деятельностью студентов.*

Ключевые слова: ***познавательная деятельность, восприятие, упражнения, мотив, понятийно-логическая сфера мышления, образная сфера мышления, эмоциональная сфера мышления, практические заняття***

Annotation. *The problems of the educational process of Agrarian university connected with different students' readiness to the study of the subject "Agricultural machines and their utilization" are examined in paper. The effective ways of their solution owing to the differentiation of approaches in the management of cognitive students' activity are proposed.*

Key words: ***educational activities, perception, exercises, motive, conceptual and logical thinking, creative thinking, emotional perception, practical training***

УДК 637.146.34:638.167

БІОТЕХНОЛОГІЯ КИСЛОМОЛОЧНИХ НАПОЇВ З ПРОДУКТАМИ БДЖІЛЬНИЦТВА

О. О. Сніжко, магістр

Анотація. *Запропоновано спосіб підвищення пробіотичних властивостей, харчової та біологічної цінності кисломолочних напоїв шляхом застосування продуктів бджільництва. Розроблено технологічні етапи підготовки, визначено їх послідовність та обґрунтовано стадію внесення апіпродуктів за біотехнології кисломолочних напоїв. Науково обґрунтовано температурно-часові режими ферментації біотехнологічної системи «молоко-апіпродукти-LAB». Встановлено, що застосування продуктів бджільництва дозволяє прискорити виробництво кисломолочних напоїв на 13 %. Отримані результати експерименту лягли в основу розроблення нормативно-технічної документації на йогурт «Медовий».*

Ключові слова: ***біотехнологія, йогурт, мед, апіпродукти, технологічні режими***

© О. О. Сніжко, 2016

Постанова проблеми. Нині на вітчизняному ринку харчових продуктів попит на «елітні» органічні кисломолочні вироби, виготовлені суто з натуральної, без будь-яких перетворень, сировини постійно зростає [1, 2]. Проте асортимент високоякісних безпечних кисломолочних напоїв, які б мали спрямовану дію на організм споживача, високі споживчі властивості та пролонгований термін придатності до споживання, представлений недостатньо і потребує удосконалення. Натомість, існує широкий вибір кисломолочних продуктів, які мають синтетичні або модифіковані складники. Неприродні наповнювачі, стабілізатори, згущувачі, продукти вторинної переробки мають ряд переваг, проте значною мірою знижують харчову та біологічну цінність натуральних кисломолочних продуктів. До того ж, натуральна молочна сировина, проходячи обов'язкову термічну обробку, втрачає важливі біологічно активні речовини, зокрема вітамін С.

Аналіз останніх досліджень показав, що сьогодні провідними науковцями світу ведеться активний пошук способів збагачення традиційних кисломолочних продуктів дефіцитними нутрієнтами та пробіотичними культурами, які б мали синергічний ефект. Найпоширеніше застосування пребіотичних збагачувачів рослинного походження, серед яких провідна роль відводиться зерновим культурам і продуктам їх переробки як джерелам БАР [3]. Актуальним у створенні синбіотичних КМН є пошук і впровадження у виробництво компонентів природного рослинного та тваринного походження, що володіють одночасно технологічною та фізіологічною функціональністю [4]. Перспективним у біотехнології ферментованих молочних напоїв може бути використання натуральних продуктів бджільництва (ПБ) як потужного джерела есенціальних нутрієнтів [5].

Метою експерименту було розробити та дослідити біотехнологію кисломолочних напоїв з продуктами бджільництва.

Матеріали і методи. Контрольні (К) та дослідні (Д) лабораторні зразки кисломолочних напоїв виготовлені в аналогічних умовах з однакової натуральної сировини (молоко коров'яче, DVS-культури), проте, відрізнялися між собою наявністю у складі ПБ: мед – 0,5%, ММ та ОБ – по 0,2%.

Під час виконання експерименту були використані стандартні, загальновідомі методи та методики досліджень.

Результати досліджень. Дослідження активності культур за різних умов культивування показали, що в середовищах з ПБ можливо отримати приріст біомаси вищий, ніж у контрольних на 7,4%. Підвищення температури ферментації на 2 °С спричиняє зростання кислотності на 1 °Т, аналогічний вплив на вміст КУО/мл не спостерігається (табл. 1).

1. Активність культур за різних умов культивування; n=3, p≤0,05.

Зразок	Титрована кислотність, °Т	Час утворення згустку, год.	Lg кількості клітин LAB, млн/мл
	Температура культивування 38 °С		
Контроль	85±1	5,5±0,3	8,7±0,2
Дослід	90±3	5,0±0,1	9,4±0,1
	Температура культивування 40 °С		
Контроль	86±1	5,4±0,1	8,8±0,1
Дослід	91±1	4,7±0,1	9,5±0,2
	Температура культивування 42 °С		
Контроль	88±1	4,8±0,1	8,5±0,1
Дослід	93±2	4,0±0,1	9,3±0,3

Кількість молочнокислих мікроорганізмів, вирощених за температури 38 °С була нижча від кількості вирощених за температури 40 °С на 1,0% у контрольній групі і на 2,0% – у дослідній. Подальше підвищення температури ферментації до 42 °С викликало, навпаки, зниження кількості життєздатних клітин, як у контролі так і у досліді, у середньому, на 3,4%, порівнюючи зі зразками, культивування яких проходило за температури 40 °С і на 2% у порівнянні з тими зразками, які сквашували за 38 °С.

Прискорення коагуляції, стає причиною зниження здатності мікроорганізмів до накопичення біомаси і кількість життєздатних клітин зменшується, як у контролі, так і у досліді. Наприклад, у контролі за кислотності 85 °Т Lg КУО/мл складає 8,7, а за кислотності 88 °Т – 8,5, при чому час утворення згустку за вказаної кислотності скорочується на 13%. Схожа динаміка спостерігається і у дослідних зразках, проте втрати клітинної концентрації на кожен 1 °Т у них в двічі нижчі. Потрібно зауважити, що не варто прискорювати коагуляцію за рахунок зниження пробіотичних властивостей. Тому, для ферментації рекомендовано температурні режими 38–40 °С протягом 5,0±0,3 год.

Біотехнологія йогурту з продуктами бджільництва складається із сукупності фізико-хімічних процесів, що лежать в основі апаратурного оформлення (рис. 1). Усі операції з підготовки ПБ, які передбачають термічну обробку, за біотехнології, що розроблялась проходили за температурних режимів не вище 42 °С.

Підготовка густого меду передбачає розтоплення в термостатній камері, ОБ – підсушування у сушильній шафі (рис. 1, поз. 14) за температури 40±2 °С до вологості 3±1%, подрібнення (рис. 2, поз. 13) до розміру частинок 10–20 мкм [6] та обробку бактерицидною лампою (рис. 1, поз. 16) із застосуванням

поверхневої дози 3±1 kGy [7]. Первинна підготовка замороженого ММ полягає у розморожуванні у термостатній камері за температури не вище 40±2 °С.

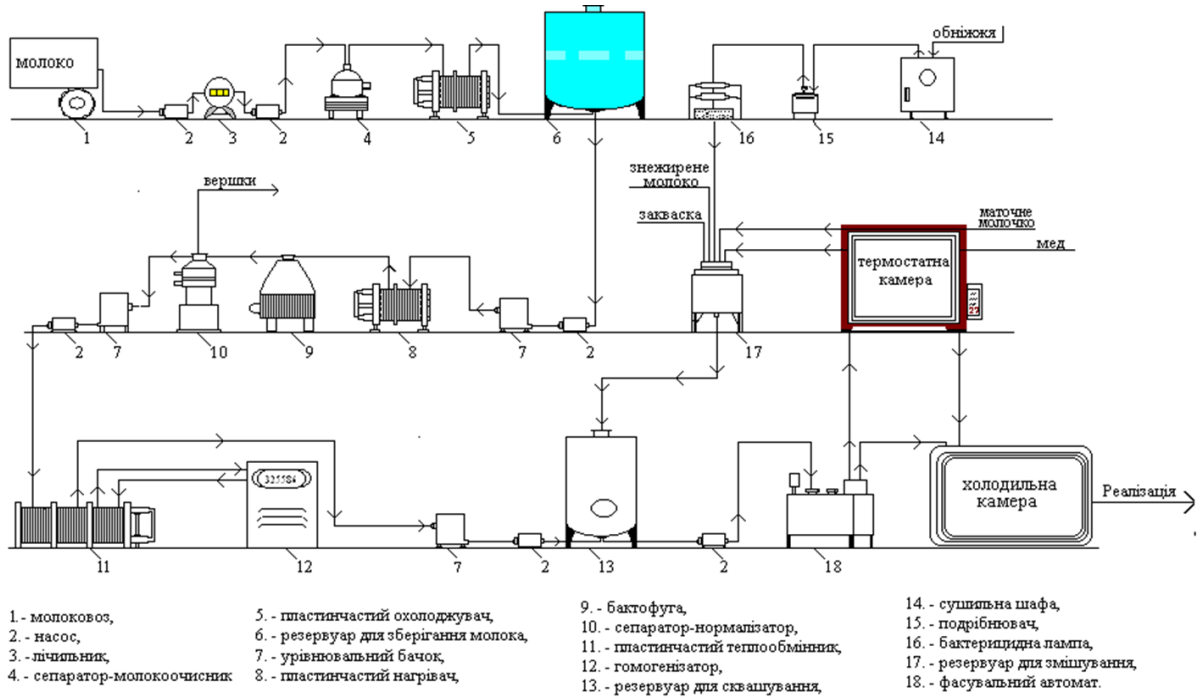


Рис. 1. Апаратурно-технологічна схема виробництва йогурту з продуктами бджільництва.

Важливим етапом для біотехнології КМН з ПБ є визначення стадії (моменту) внесення наповнювача до складу КМН. У досліді брали участь чотири зразки: К – виготовлений за класичною технологією; Д1 – містив ПБ, розчинені у молочній сировині перед пастеризацією; Д2 – містив ПБ, внесені разом із заквасковою; Д3 – ПБ внесені у кисломолочну основу. Аналіз проводили щоденно до моменту, коли контрольний і два з дослідних зразків не досягнуть 140 °Т (рис. 2).

Титрована кислотність зразка Д3 наростала з такою інтенсивністю, що вже на третю добу досягла граничної межі максимально допустимої норми – 140 °Т, що є небажаним для зберігання натурального продукту. Тому, спосіб внесення ПБ, використаний для виготовлення зразку Д3, можна було б вважати прийнятним (допустимим) за умови правильної корекції гарантійного строку у бік значного зменшення останнього або за умови внесення інгібіторів кислотності. Жоден з варіантів є небажаним, не передбачається цією біотехнологією і у подальшій роботі не використовувався. Характер динаміки кислотності інших проб був аналогічний зразку Д3, проте інтенсивність була помітно меншою.

Контрольний зразок набув гранично допустимої кислотності на 7 день зберігання. Зразок Д1 у цей період мав кислотність 147 °Т, можливо, завдяки сахаридам пастеризованих апіпродуктів, які є метаболічним фактором росту молочнокислих мікроорганізмів – продуцентів молочної кислоти.

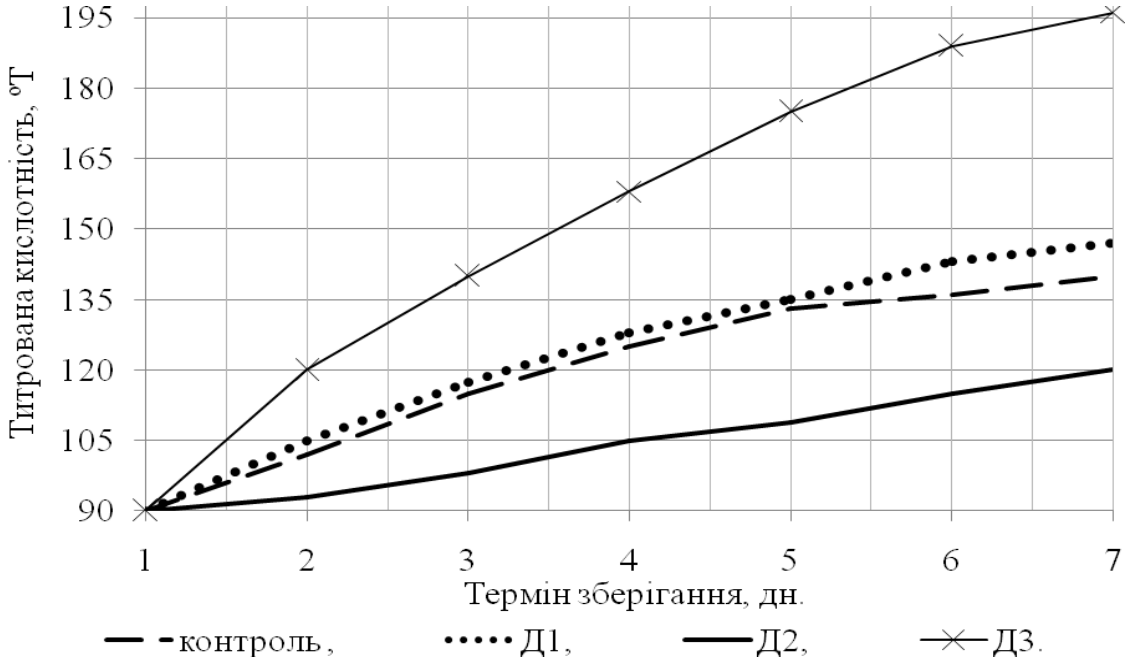


Рис. 2. Зміна кислотності ферментованих молочних напоїв за різних способів внесення продуктів бджільництва.

Найкращі результати відзначені у дослідному зразку Д2, кислотність якого протягом зберігання наростала плавно. Імовірно, це пов'язано зі специфічними властивостями ПБ, які водночас виступають стимуляторами росту молочнокислих бактерій на етапах ферментації та стабілізаторами кисломолочних процесів під час зберігання готового продукту.

Підготовлені ПБ та закваску вносять у пастеризоване і охолоджене до температури 39±2 °С молоко з м.ч.ж. 0,05%, ретельно перемішують протягом 10–15 хвилин. Суміш для заквашування на знежиреному молоці вносять у резервуар для сквашування, де знаходиться пастеризоване та охолоджене до температури 39±1 °С молоко з м.ч.ж. 4,0%, ще раз перемішують і залишають у спокої для сквашування (резервуарний спосіб) або продовжуючи перемішування розливають у споживчу упаковку і спрямовують у термостат (термостатний спосіб). Подальші технологічні операції аналогічні загальній принциповій технологічній схемі виготовлення кисломолочних напоїв. Отримані результати

експерименту лягли в основу розроблення нормативно-технічної документації на йогурт «Медовий».

Висновки

1. Експериментальним шляхом встановлені оптимальні температурно-часові режими біотехнологічних процесів під час виробництва КМН з ПБ. Зокрема, температура ферментації 39±1 °С, термін сквашування 5,0±0,3 год.

2. Встановлено, що застосування продуктів бджільництва дозволяє прискорити виробництво кисломолочних напоїв на 13%.

3. Визначили послідовність технологічних етапів підготовки та внесення продуктів бджільництва за біотехнології кисломолочних напоїв з продуктами бджільництва.

Список літератури

1. *Біотехнологія* кисломолочних напоїв з використанням сколотини та добавок із пряних овочів [Електронний ресурс] / [*Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, А. В. Хоменко* та ін.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 4(10). – С. 53-57. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpte_2013_4-10_14.pdf.
2. *Рогальский А. Ф.* Оцінка можливостей створення еко-ферми з виробництва і реалізації екологічно чистих продуктів харчування / *А. Ф. Рогальский* // Економічні інновації. – 2013. – Вип. 54. – С. 294–304.
3. *Еремина О. Ю.* Кисломолочные напитки с крупяными концентратами / *О. Ю. Еремина, Т. Н. Иванова* // Пищевая промышленность. – 2009. – №3. – С. 55–56.
4. *Токаев Э. С.* Разработка нового синбиотического пищевого продукта с высоким содержанием бифидобактерий / *Э. С. Токаев, А. А. Максимов* // Вопросы питания. – 2009. – Т. 78, № 2. – С. 39–41.
5. *Ломова Н. М.* Вплив меду, маточного молочка та бджолиного обніжжя на хімічний склад йогурту [Електоронній ресурс] / *Н. М. Ломова, О. О. Сніжко* // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2014. – № 3. – Режим доступу : http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Nd_2014_3_13.pdf.
6. *Lomova Neonila.* Effect of bee products on the structural, mechanical and physico-chemical properties of yogurt / *Neonila Lomova, Sergiy Narizhnyy, Olga Snizhko* // Ukrainian Journal of Food Science. – 2014. – Vol. 2.(2). – P. 258–264
7. *Snezhko O.* Enhancing food safety of pollen by means of irradiation [Text] / *O. Snezhko, N. Lomova S. Narizhnyy, Z. Mingaleeva* // Ukrainian Food J. – 2015. – Vol. 4(1). – P. 65–71.

Аннотация. *Предложен способ повышения пробиотических свойств, пищевой и биологической ценности кисломолочных напитков путем применения в их производстве продуктов пчеловодства. Разработаны технологические этапы подготовки, установлена их последовательность и обосновано стадию внесения продуктов пчеловодства в биотехнологии*

кисломолочных напитков. Научно обосновано температурно-временные режимы ферментации биотехнологичной системы «молоко – апипродукты – LAB». Установлено, что использование продуктов пчеловодства обеспечивает интенсификацию производства кисломолочных напитков. Результаты эксперимента положены в основу разработки нормативно-технической документации на йогурт «Медовый».

Ключевые слова: ***биотехнология, йогурт, мед, апипродукты, технологические режимы***

Annotation. *Method for enhancing probiotic properties, food and biological value through the use of milk beverages in their production of bee products. The technological stages of preparation, their sequence and justified step of introducing bee products in biotechnology fermented beverages. Scientifically proven temperature-time regimes biotechnological fermentation of "milk – apiproducts – LAB». It was found that the use of bee products provides an intensification of production of fermented milk beverages. The experimental results are the basis for development of normative and technical documentation for yogurt "Honey".*

Key words: ***biotechnology, yogurt, honey, apiproducts, technological modes***

УДК 621.3: 631.53.027.33

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ЕКСПОЗИЦІЇ ПРИ ЗНЕЗАРАЖУЮЧІЙ ОБРОБЦІ ЗЕРНОВИХ В СИЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛЯХ

С. М. Усенко, кандидат технічних наук

Анотація. *Представлено результати дослідження впливу вологості ячменя на концентрацію озону в зерновій масі під дією сильного електричного поля та розроблену номограму для визначення часу необхідного для забезпечення ефективної дози знезаражуючої обробки ячменя.*

Ключові слова: ***сильне електричне поле, знезаражуюча обробка, зернова маса, номограма, доза обробки, озон***

Постановка проблеми. З метою знезараження зернової мікрофлори існують хімічні, біологічні та фізичні методи. На теперішній час обробка зерна здійснюється переважно хімічними засобами. Але разом з досягненням позитивних результатів,

© С. М. Усенко, 2016

використання хімічних засобів має ряд негативних наслідків, серед яких забруднення навколишнього середовища отрутохімікатами і їх накопичення як у ґрунті, так і у продукції рослинництва, що створює загрозу для здоров'я людей та тварин, трудомісткість при виконанні робіт [1]. Також існують ряд хвороб, по відношенню до яких хімічні препарати не можуть забезпечити належного ефекту. Це в першу чергу відноситься до фузаріозних хвороб та пліснявих грибів, що розвиваються при зберіганні. Крім того хімічні методи неможливо використовувати при обробці продовольчих партій зерна.

Одним із перспективних напрямів, що розвиваються останнім часом є застосування сильних електричних полів для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур з метою стимуляції ростових процесів та обробка зернової маси при зберіганні з метою знешкодження поверхневої мікрофлори [2].

На кафедрі електроприводу та електротехнологій Національного університету біоресурсів і природокористування України протягом останніх років ведуться дослідження по застосуванню сильних електричних полів для передпосівної стимуляції насіння та знезаражуючої обробки зернових при зберіганні [3–6].

Мета досліджень – розробка ефективного способу визначення часу експозиції зернової маси при знезаражуючій обробці в сильному електричному полі.

Матеріали і методика досліджень. В результаті проведених експериментальних досліджень було встановлено ефективну дозу знезаражуючої обробки [7], яка залежить від часу експозиції та концентрації озону. Визначивши концентрацію озону в зерновій масі можна встановити час необхідний для отримання ефективної дози. У виробничих умовах завдання визначення дози ускладнюється, оскільки вимірювання концентрації озону складний та трудомісткий процес, який потребує додаткового обладнання. Тому виникла необхідність розробки альтернативного та простого способу визначення дози обробки зерна в залежності від відомого параметру зернової маси, наприклад вологості. Вологість обумовлює діелектричні властивості зернової маси, які суттєво впливають на розрядні процеси в ній під дією електричного поля високої напруженості, а відповідно і концентрацію озону.

Результати досліджень. Для дослідження впливу вологості на концентрацію озону використовували ячмінь сорту "Етикет" з вологістю в межах з 12,2% до 17,2%. При дослідженнях відстань між електродами становила 3 см, висота суміші ячменя 6 см. Напруга на електродах становила 16 кВ. З аналізу експериментальних досліджень наведених на рис. 1 видно, що максимум концентрації

озону досягається при кондиційній вологості зерна 14–14,5%. Це можна пояснити здатністю зернової маси переходити від стану діелектрика до провідника в залежності від вологості. Так при вологості 12% зерно перебуває в стані діелектрика і кількість іонів у міжклітинній рідині дуже мала. В такому стані зернової маси часткові розряди виникають досить рідко і відповідно концентрація озону досить низька. З підвищенням вологості збільшується кількість іонів в міжклітинній рідині зернин, що сприяє утворенню електричного поля в повітряних включеннях і відповідно інтенсивнішому проходженню розрядних процесів. Тому відбувається зростання концентрації озону до вологості 14,5%. При подальшому підвищенні вологості кількість іонів продовжує зростати, але через зернову масу починає протікати струм провідності, що перешкоджає накопиченню заряду в повітряних включеннях. Інтенсивність виникнення часткових розрядів зменшується. В результаті проведених досліджень визначено математичну залежність $K_o=f(W)$:

$$K_o = a + b \cdot W - c \cdot W^2 + d \cdot W^3, \quad (1)$$

де: a=–52834; b=9891; c=600; d=11,88 – коефіцієнти для зернової маси ячменя.

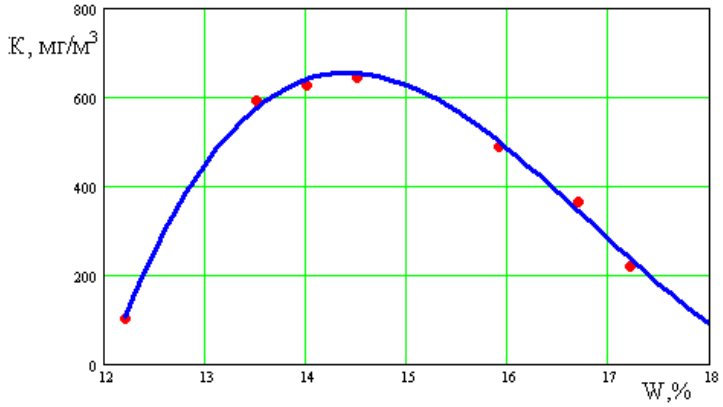


Рис. 1. Залежність концентрації озону в зерновій масі в залежності від її вологості: • – дані отримані за матеріалами досліджень; ▬ – графік функції побудований за емпіричною формулою.

Також для побудови номограми необхідно було встановити залежність для визначення часу експозиції при різній концентрації озону, що необхідний для забезпечення дози обробки 2940 (мг·м^3)/хв, яка забезпечує знешкодження 90% шкідливих мікроорганізмів [7]. Встановлена залежність наведена на рис. 2. Параметри визначені для розробленої установки, з відстанню між електродами 3 см, діелектричними пластинами з поліетилену товщиною 0,5 мм та напруги на електродах 16 кВ.

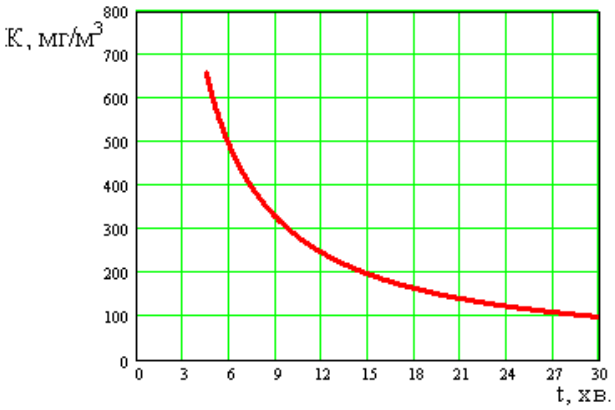


Рис. 2. Залежність часу експозиції при різній концентрації озону, що необхідний для забезпечення дози обробки 2940 мг м^3/хв.

Використовуючи наведену вище залежність (рис. 2) та математичну залежність концентрації озону в зерновій масі при напруженості поля 5,3 кВ/см від її вологості (1), було побудовано номограму, яка представлена на рис. 3.

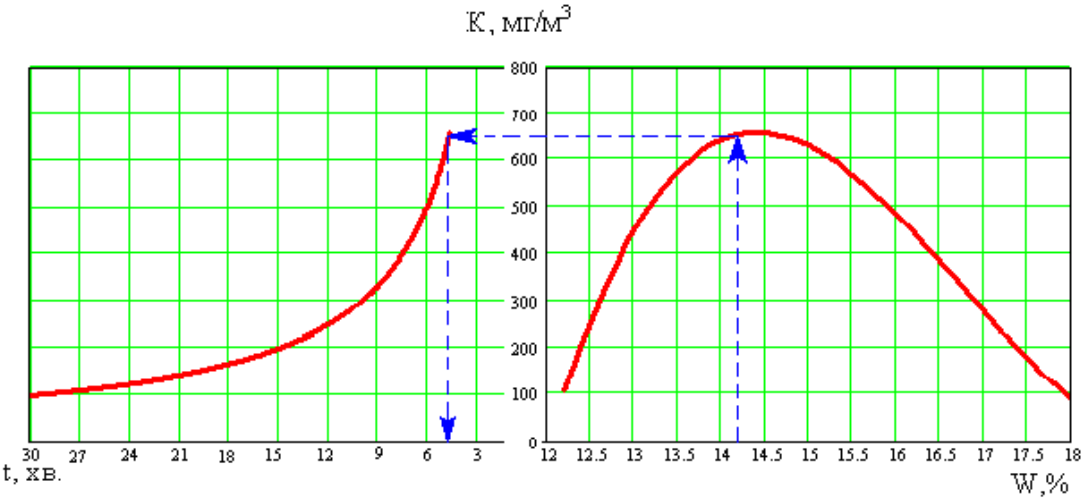


Рис. 3. Номограма для визначення часу експозиції зерна ячменя у виробничих умовах.

За наведеною номограмою можна визначити час необхідний для забезпечення ефективної дози знезаражуючої обробки зернової маси ячменя при відомому значенні його вологості.

Висновок. Ефективне знезараження зернових в електричному полі високої напруженості можливе при забезпеченні необхідної дози обробки, яка залежить від концентрації озону та часу експозиції. Вимірювання концентрації озону складний та трудомісткий процес, який потребує додаткового обладнання. Тому розроблено номограму, користуючись якою можна визначати час експозиції, що необхідно для забезпечення ефективної дози знезаражуючої обробки зернової маси ячменя (2940 (мг·м^3)/хв) із врахуванням відносної вологості ячменя.

Список літератури

1. *Кобець М. І.* Органічне землеробство в контексті сталого розвитку / *М. І. Кобець* // Актуальні питання аграрної політики : Зб. робіт 2003–2004 рр. – К., 2004. – С. 108–131.
2. *Бадретдинов Б. Ф.* Электротехнология и урожайность сельскохозяйственных культур / *Б. Ф. Бадретдинов, А. А. Тюр, Я. М. Каюмов* // Электрификация сельского хозяйства. – Уфа: БГАУ, 2000. – Вып. 2. – С. 90–92.
3. *Берека О. М.* Дія сильних електричних полів на насіння сільськогосподарських культур / *О. М. Берека* // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – К., 2007. – № 1(20) – С. 23–29.
4. *Берека О. М.* Озонування насіннєвого матеріалу в сильних електричних полях / *О. М. Берека, Л. С. Червінський, С. М. Усенко* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь, 2008. – Т. 2, вип. 8. – С. 103–108.
5. *Кирик М. М.* Вплив озону на мікобіоту насіння озимої пшениці / *М. М. Кирик, О. М. Берека, А. Б. Ковалишин, С. М. Усенко* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2009. – Вип. 140 – С. 121–127.
6. *Берека О. М.* Дослідження відносної характеристики інтенсивності іонізаційних процесів в насіннєвій масі / *О. М. Берека, С. М. Усенко* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь, 2009. – Т. 10, вип. 8. – С. 80–85.
7. *Берека О. М.* Ефективність озонування зернових у сильних електричних полях / *О. М. Берека, С. М. Усенко* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2010. – Вип. 148 – С. 92–97.

Аннотация. *Представлены результаты исследования влияния влажности ячменя на концентрацию озона в зерновой массе под действием сильного электрического поля и разработанную номограму для определения времени, необходимого для обеспечения эффективной дозы обеззараживающего обработки ячменя.*

Ключевые слова: ***сильное электрическое поле, обеззараживающее обработка, зерновая масса, номограмма, доза обработки, озон, экспозиция обработки***

Annotation. *Results of the study of the effect of moisture barley in the amount of ozone in the grain mass under the action of strong electric fields and nomohramu designed to determine the time required to ensure effective dose of disinfecting treatment of barley.*

Key words: ***strong electric field, disinfecting processing, grain weight, nomogram dose treatment, ozone exposure treatment***

УДК 693.546

СИНТЕЗ КУЛАЧКОВОГО ПРИВОДНОГО МЕХАНІЗМУ РОЛИКОВОЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З КОМБІНОВАНИМ ДИНАМІЧНИМ РЕЖИМОМ РУХУ

В. С. Ловейкін, доктор технічних наук
К. І. Почка, кандидат технічних наук

Анотація. *Розроблено конструкцію роликової формувальної установки з кулачковим приводним механізмом та побудовано профіль кулачка для забезпечення комбінованого динамічного режиму зворотно-поступального руху формувального візка.*

Ключові слова: ***роликова формувальна установка, режим руху, кулачковий механізм, привод***

Постановка проблеми. В установках роликового формування залізобетонних виробів під час їхньої роботи виникають значні динамічні навантаження в елементах приводного механізму та в елементах формувальних візків [1–6]. Не дивлячись на досить широке дослідження технологічного процесу формування залізобетонних виробів безвібраційним роликовим методом [1–3], до цих пір не було досліджено динаміку руху формувального візка та її вплив на процес формування. Мало приділялось уваги режимам руху формувального візка та зусиллям, що виникають в елементах приводного механізму.

Аналіз останніх досліджень. В існуючих теоретичних та експериментальних дослідженнях машин роликового формування залізобетонних виробів обґрунтовано їхні конструктивні параметри та продуктивність [1–3]. Разом з тим недостатньо уваги приділено дослідженню діючим динамічним навантаженням та режимам руху, що в значній мірі впливає на роботу установки та на якість готової продукції. Під час постійних пускогальмівних режимів руху виникають значні динамічні навантаження в елементах приводного механізму та в елементах формувального візка, що може привести до передчасного виходу установки з ладу [1–6]. Тому актуальною є задача удосконалення приводного механізму роликової формувальної установки з метою забезпечення такого режиму руху формувального візка, при якому зменшувалися б динамічні навантаження в елементах установки та підвищувалася її довговічність.

© В. С. Ловейкін, К. І. Почка, 2016

Метою досліджень є удосконалення конструкції приводного механізму роликової формувальної установки для підвищення її надійності та довговічності.

Результати досліджень. Для роликової формувальної установки при ущільненні бетонної суміші бажано мати постійну швидкість зворотно-поступального руху формувального візка на всій ділянці, що позитивно вплинуло б на якість готового виробу. Однак на практиці такий режим руху здійснити неможливо, оскільки в ньому відсутні ділянки розгону та гальмування, без яких не може бути циклічного руху. Тому пропонується реалізувати такий режим руху формувального візка при його переміщенні від одного крайнього положення до іншого, у якому були б ділянки розгону і гальмування з мінімальними динамічними навантаженнями та ділянка руху з постійною швидкістю.

Прийнявши загальний час руху формувального візка з одного крайнього положення в інше $t_з$, його можна розділити на три частини: час розгону – t_p; час усталеного руху – t_y; час гальмування – $t_г$. Для забезпечення ущільнення бетонної суміші формувальним візком з постійною швидкістю руху на більшості його робочого ходу приймемо час усталеного руху, наприклад, $t_y = 2/3 \cdot t_з$, тоді, задаючись умовою рівності часу розгону та гальмування, їх можна визначити відповідними виразами: $t_p = 1/6 \cdot t_з$ та $t_г = 1/6 \cdot t_з$.

Для процесу розгону та гальмування формувального візка запропоновано здійснювати їх за оптимальним динамічним режимом руху [7]. При цьому швидкість формувального візка змінюються плавно, не створюючи значних динамічних навантажень в установці, а ривок має постійне значення, що в свою чергу позитивно впливає довговічність установки.

При оптимальному динамічному режимі розгону формувального візка зі стану спокою до виходу на усталений режим руху координата переміщення, швидкість, прискорення та ривок його центра мас описуються рівняннями [7]:

$$x_p = x_{0p} + \dot{x}_y \cdot \left(\frac{t^2}{t_p} - \frac{t^3}{3 \cdot t_p^2} \right); \qquad \dot{x}_p = \dot{x}_y \cdot \left(2 \cdot \frac{t}{t_p} - \frac{t^2}{t_p^2} \right);$$
$$\ddot{x}_p = 2 \cdot \dot{x}_y \cdot \left(\frac{1}{t_p} - \frac{t}{t_p^2} \right); \qquad \dddot{x}_p = -\frac{2 \cdot \dot{x}_y}{t_p^2} = const, \tag{1}$$

де: x_{0p} – координата початкового положення центра мас візка при розгоні; t – час; t_p – тривалість розгону формувального візка зі стану спокою до виходу на усталений режим руху; $\dot{x}_y$ – швидкість руху

формувального візка на усталеному режимі.

На усталеному режимі руху формувального візка координата переміщення та швидкості його центра мас описуються рівняннями [7]:

$$x_y = x_{0y} + \frac{(x_{1y} - x_{0y}) \cdot t}{t_y}; \qquad \dot{x}_y = \frac{(x_{1y} - x_{0y})}{t_y} = const; \qquad \ddot{x}_y = 0; \qquad \dddot{x}_y = 0, \tag{2}$$

де: x_{0y} та x_{1y} – координати початкового та кінцевого положень центра мас візка при усталеному русі; t_y – тривалість усталеного руху.

При оптимальному динамічному режимі гальмування формувального візка з моменту усталеного руху до повної зупинки координата переміщення, швидкість, прискорення та ривок його центра мас описуються рівняннями [7]:

$$\begin{gathered} x_г = x_{1г} - \dot{x}_y \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot t_г - t + \frac{t^3}{3 \cdot t_г^2} \right); \qquad \dot{x}_г = \dot{x}_y \cdot \left(1 - \frac{t^2}{t_г^2} \right); \\ \ddot{x}_г = -2 \cdot \dot{x}_y \cdot \frac{t}{t_г^2}; \qquad \dddot{x}_г = \frac{-2 \cdot \dot{x}_y}{t_г^2} = const, \end{gathered} \tag{3}$$

де: $x_{1г}$ – кінцева координата процесу гальмування; $t_г$ – тривалість гальмування з моменту усталеного руху до повної зупинки.

У виразах (1)–(3) координата початкового положення центра мас візка при розгоні x_{0p} та кінцева координата процесу гальмування $x_{1г}$ відповідають його крайнім положенням, однак невідомими є швидкість руху $\dot{x}_y$ формувального візка на усталеному режимі, координати початкового x_{0y} та кінцевого x_{1y} положень центра мас візка при усталеному русі. Розділимо переміщення S формувального візка від одного крайнього положення до іншого на три ділянки: 1 – ділянка розгону, їй відповідає переміщення S_p; 2 – ділянка усталеного руху, їй відповідає переміщення S_y; 3 – ділянка гальмування, їй відповідає переміщення $S_г$. Із врахуванням залежностей (1)–(3) вирази переміщення на кожній ділянці можна подати у вигляді:

$$S_p = \int_0^{t_p} \dot{x}_p \, dt = \dot{x}_y \cdot \int_0^{t_p} \left(2 \cdot \frac{t}{t_p} - \frac{t^2}{t_p^2} \right) dt = \dot{x}_y \cdot \left(\frac{t^2}{t_p} - \frac{t^3}{3 \cdot t_p^2} \right) \Bigg|_0^{t_p} = \frac{2}{3} \cdot \dot{x}_y \cdot t_p; \tag{4}$$

$$S_y = \int_0^{t_y} \dot{x}_y \, dt = \dot{x}_y \cdot t \Big|_0^{t_y} = \dot{x}_y \cdot t_y; \tag{5}$$

$$S_г = \int_0^{t_г} \dot{x}_г \, dt = \dot{x}_y \cdot \int_0^{t_г} \left(1 - \frac{t^2}{t_г^2} \right) dt = \dot{x}_y \cdot \left(t - \frac{t^3}{3 \cdot t_г^3} \right) \Bigg|_0^{t_г} = \frac{2}{3} \cdot \dot{x}_y \cdot t_г. \tag{6}$$

Тоді вираз загального переміщення формувального візка можна подати у вигляді:

$$S = S_p + S_y + S_г = \frac{2}{3}\cdot \dot{x}_y \cdot t_p + \dot{x}_y \cdot t_y + \frac{2}{3}\cdot \dot{x}_y \cdot t_г = \dot{x}_y \cdot \left(\frac{2}{3}\cdot t_p + t_y + \frac{2}{3}\cdot t_г\right). \quad (7)$$

Підставивши у попередній вираз $t_p = 1/6 \cdot t_з$, $t_y = 2/3 \cdot t_з$, $t_г = 1/6 \cdot t_з$ та амплітуду переміщення візка від одного крайнього положення в інше $\Delta x = S$, отримуємо:

$$\Delta x = \dot{x}_y \cdot \left(\frac{2}{3}\cdot\frac{1}{6}\cdot t_з + \frac{2}{3}\cdot t_з + \frac{2}{3}\cdot\frac{1}{6}\cdot t_з\right) = \frac{8}{9}\cdot \dot{x}_y \cdot t_з \quad \Rightarrow \quad \dot{x}_y = \frac{9\cdot \Delta x}{8\cdot t_з}. \quad (8)$$

Координату положення формувального візка, що визначає закінчення ділянки розгону та початок ділянки усталеного руху x_{0y}, можна визначити з виразів (4) та (8):

$$x_{0y} = \frac{2}{3}\cdot \dot{x}_y \cdot t_p = \frac{2}{3}\cdot\frac{9\cdot \Delta x}{8\cdot t_з}\cdot\frac{1}{6}\cdot t_з = \frac{1}{8}\cdot \Delta x, \quad (9)$$

а координату, що визначає закінчення ділянки усталеного руху x_{1y} та початок ділянки гальмування, можна визначити з виразів (5), (8) та (9):

$$x_{1y} = x_{0y} + \dot{x}_y \cdot t_y = \frac{1}{8}\cdot \Delta x + \frac{9\cdot \Delta x}{8\cdot t_з}\cdot\frac{2}{3}\cdot t_з = \frac{7}{8}\cdot \Delta x. \quad (10)$$

Підставивши вирази (8)–(10) у рівності (1)–(3) та задавшись амплітудою переміщення формувального візка $\Delta x = 0{,}4 м$ та загальним часом його руху від одного крайнього положення в інше $t_з = 3 с$, було розраховано кінематичні характеристики комбінованого динамічного режиму руху формувального візка. За результатами розрахунків побудовано графіки комбінованого динамічного режиму зміни переміщення (рис. 1, а), швидкості (рис. 1, б), прискорення (рис. 1, в) та ривка (рис. 1, г) при русі формувального візка з одного крайнього положення в інше. Перетворивши перші рівняння виразів (1)–(3) для випадку, коли початок координат відраховується від середнього положення переміщення формувального візка з урахуванням виразів (8)–(10), отримаємо:

– на ділянці розгону:

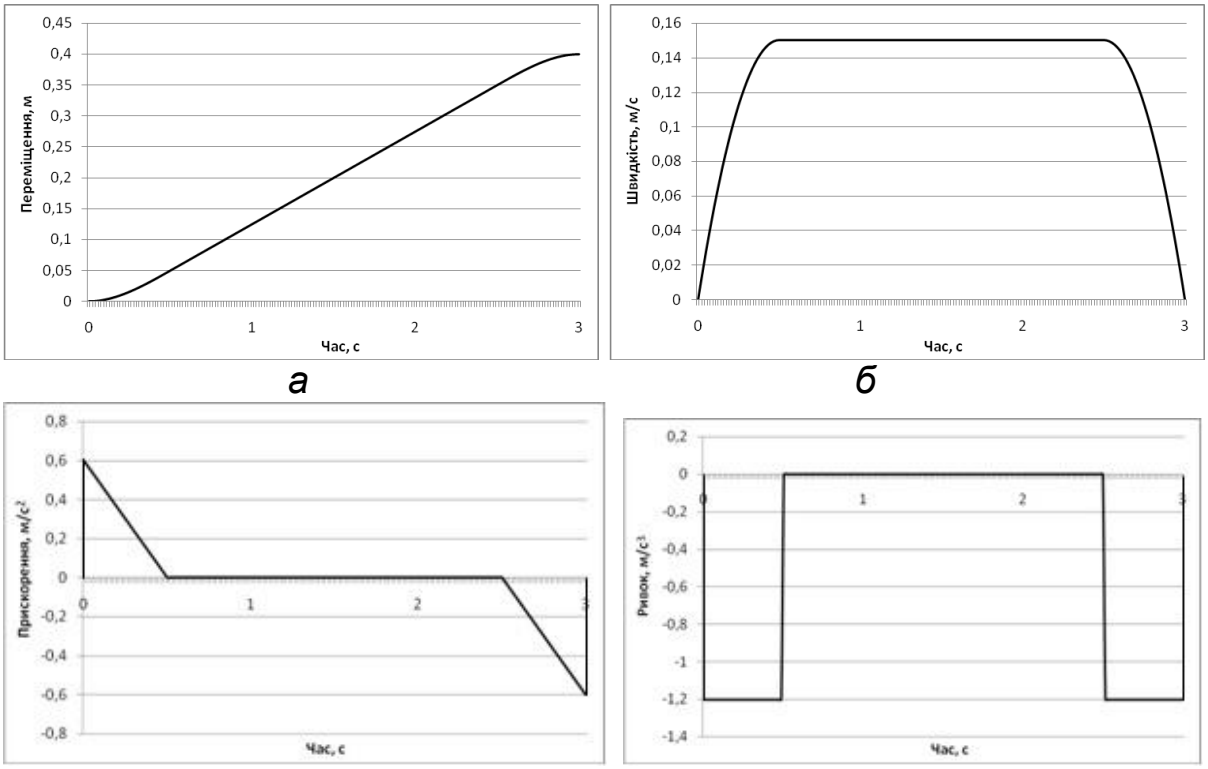
$$x_p = \frac{27}{4}\cdot \Delta x \cdot \left(1 - 2\cdot\frac{t}{t_з}\right)\cdot\frac{t^2}{t_з^2} - \frac{\Delta x}{2}; \quad (11)$$

– на ділянці усталеного руху:

$$x_y = \frac{1}{8}\cdot \Delta x \cdot \left(1 + 9\cdot\frac{t}{t_з}\right) - \frac{\Delta x}{2}; \quad (12)$$

– на ділянці гальмування:

$$x_г = \frac{\Delta x}{2} - \frac{9}{8}\cdot \Delta x \cdot \left(\frac{1}{9} - \frac{t}{t_з} + 12\cdot\frac{t^3}{t_з^3}\right). \quad (13)$$



а *б* *в* *г*

Рис. 1. Графіки зміни переміщення – а, швидкості – б, прискорення – в та ривка – г при комбінованому динамічному режимі руху формувального візка.

Закон руху візка, описаний рівняннями (11)–(13), може бути здійснений приводом з кулачковим механізмом (рис. 2) зворотно-поступального руху візка. При цьому рух візка в одному напрямку здійснюється за рахунок повороту кулачка 1 на половину оберту (тобто $\varphi = \pi$) і в зворотному напрямку ще на половину оберту; повний цикл руху візка – за один оберт кулачка. Для здійснення описаного закону руху візка необхідно, щоб приріст радіуса кулачка відповідав приросту переміщення візка. Згідно з цим перемінний радіус кулачка визначається залежностями:

– на ділянці розгону:

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{27}{4} \cdot \Delta x \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{t}{t_з}\right) \cdot \frac{t^2}{t_з^2} - \frac{\Delta x}{2}; \tag{14}$$

– на ділянці усталеного руху:

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{1}{8} \cdot \Delta x \cdot \left(1 + 9 \cdot \frac{t}{t_з}\right) - \frac{\Delta x}{2}; \tag{15}$$

– на ділянці гальмування:

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{\Delta x}{2} - \frac{9}{8} \cdot \Delta x \cdot \left(\frac{1}{9} - \frac{t}{t_з} + 12 \cdot \frac{t^3}{t_з^3}\right), \tag{16}$$

де: b – відстань між штовхачами 2 (рис. 2).

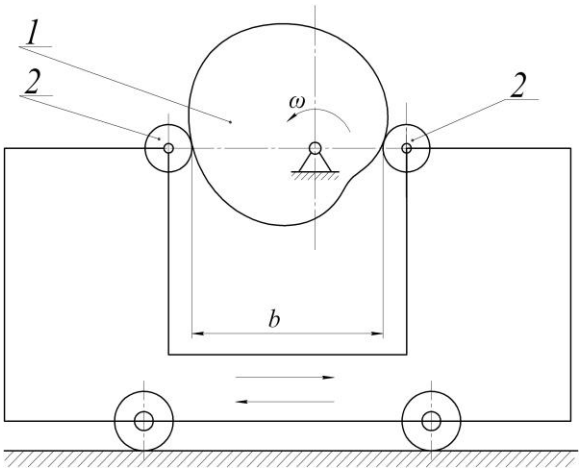


Рис. 2. Схема механізму з кулачковим приводом зворотно-поступального руху візка.

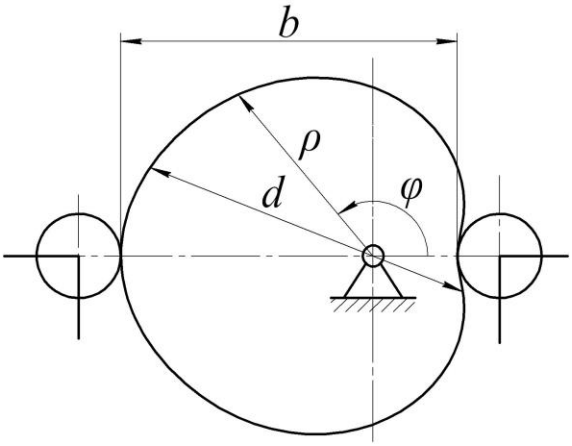


Рис. 3. Профіль кулачка, що реалізує комбінований динамічний режим руху формувального візка.

Час t можна виключити із залежностей (14)–(16), оскільки $t = \varphi/\omega$, а $t_з = \pi/\omega$. Тут φ – кутова координата повороту кулачка, а ω – кутова швидкість обертання кулачка. Оскільки час розгону формувального візка визначається залежністю $t_р = 1/6 \cdot t_з$, то процес розгону буде здійснюватись при повороті кулачка на кут в межах від $\varphi = 0$ до $\varphi = \pi/6$; час усталеного руху – $t_у = 2/3 \cdot t_з$, тоді усталений рух візка буде забезпечуватись поворотом кулачка на кут в межах від $\varphi = \pi/6$ до $\varphi = 5\pi/6$; час гальмування – $t_г = 1/6 \cdot t_з$, тоді процес гальмування буде здійснюватись при повороті кулачка на кут в межах від $\varphi = 5\pi/6$ до $\varphi = \pi$. Після відповідних перетворень радіус кулачка, що описує його профіль, пов'язується з кутовою координатою наступним виразом:

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{27}{4} \cdot \Delta x \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{\varphi}{\pi}\right) \cdot \frac{\varphi^2}{\pi^2} - \frac{\Delta x}{2}, \qquad 0 \le \varphi \le \frac{\pi}{6}; \tag{17}$$

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{1}{8} \cdot \Delta x \cdot \left[1 + 9 \cdot \left(\varphi - \frac{\pi}{6}\right) \cdot \frac{1}{\pi}\right] - \frac{\Delta x}{2}, \qquad \frac{\pi}{6} < \varphi < \frac{5\pi}{6}; \tag{18}$$

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{\Delta x}{2} - \frac{9}{8} \cdot \Delta x \cdot \left[\frac{1}{9} - \left(\varphi - \frac{5\pi}{6}\right) \cdot \frac{1}{\pi} + 12 \cdot \left(\varphi - \frac{5\pi}{6}\right)^3 \cdot \frac{1}{\pi^3}\right], \qquad \frac{5\pi}{6} < \varphi \le \pi. \tag{19}$$

Аналогічно визначається профіль кулачка на ділянці його повороту від π до 2π, який описується радіусом, що змінюється залежностями:

$$\rho = \frac{b}{2} - \frac{27}{4} \cdot \Delta x \cdot \left[1 - 2 \cdot \frac{(\varphi - \pi)}{\pi}\right] \cdot \frac{(\varphi - \pi)^2}{\pi^2} + \frac{\Delta x}{2}, \qquad \pi \le \varphi \le \frac{7\pi}{6}; \tag{20}$$

$$\rho = \frac{b}{2} - \frac{1}{8} \cdot \Delta x \cdot \left[1 + 9 \cdot \left(\varphi - \frac{7\pi}{6} \right) \cdot \frac{1}{\pi} \right] + \frac{\Delta x}{2}, \qquad \frac{7\pi}{6} < \varphi < \frac{11\pi}{6}; \tag{21}$$

$$\rho = \frac{b}{2} - \frac{\Delta x}{2} + \frac{9}{8} \cdot \Delta x \cdot \left[\frac{1}{9} - \left(\varphi - \frac{11\pi}{6} \right) \cdot \frac{1}{\pi} + 12 \cdot \left(\varphi - \frac{11\pi}{6} \right)^3 \cdot \frac{1}{\pi^3} \right], \qquad \frac{11\pi}{6} < \varphi \le 2\pi. \tag{22}$$

Для унеможливлення ударів кулачка об штовхачі при зміні напрямку руху візка описаний рівняннями (17)–(22) профіль кулачка (рис. 3) має такий вид, що в будь-якому положенні його діаметр d – величина постійна і рівна відстані між штовхачами b **(**$d = b$**).**

З метою зменшення динамічних навантажень в елементах установки та для підвищення її надійності запропоновано конструкцію установки з приводним механізмом для забезпечення комбінованого динамічного режиму зворотно-поступального руху формувального візка (рис. 4). Приводний механізм виконаний у вигляді шарнірно встановлених на порталі кулачкових механізмів, що контактують з штовхачами, жорстко прикріпленими до формувального візка. Установка вміщує змонтований на нерухомому порталі 1 формувальний візок 2, що вміщує подавальний бункер 3 та укочувальні ролики 4 і здійснює зворотно-поступальний рух в напрямних 5 над порожниною форми 6. Візок приводиться в зворотно-поступальний рух за допомогою двох приводів 7, прикріплених до порталу 1 у вигляді двох кулачкових механізмів, що обертаються з постійною кутовою швидкістю ($\omega = const$), але різною за напрямами, і контактують з двома штовхачами 8, жорстко з'єднаними з візком 2. Наявність двох штовхачів 8 з кожного боку формувального візка 2 дозволяє створювати жорсткий силовий ланцюг при його прямому і зворотному ході.

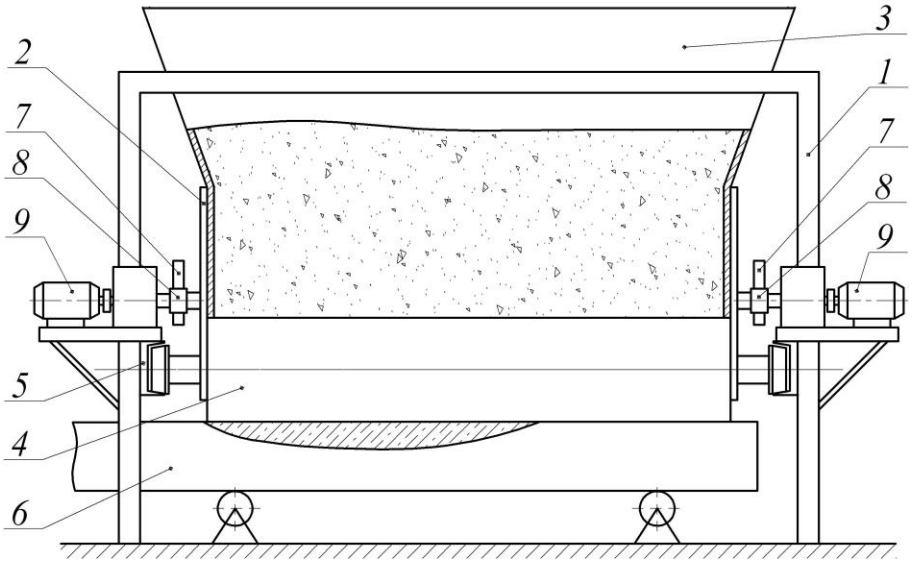


Рис. 4. Роликова формувальна установка з кулачковим приводним механізмом.

При застосуванні в установці кулачкового приводного механізму з кожного боку формувального візка унеможливлюється його осьове перекошування, підвищується якість поверхні оброблюваної бетонної суміші, зменшуються динамічні навантаження в елементах приводу, зменшуються зайві руйнівні навантаження на рамну конструкцію і, відповідно, підвищується довговічність установки в цілому.

Висновки

1. В результаті проведених досліджень з метою підвищення надійності та довговічності роликової формувальної установки розроблено конструкцію її приводу у вигляді кулачкового механізму та побудовано профіль кулачка для забезпечення комбінованого динамічного режиму зворотно-поступального руху формувального візка.

2. Запропоновано конструкцію роликової формувальної установки з кулачковим приводним механізмом з обох боків формувального візка для унеможливлення його осьового перекошування, що в свою чергу приводить до підвищення якості поверхні оброблюваної бетонної суміші, зменшення динамічних навантажень в елементах приводу, зменшення зайвих руйнівних навантажень на рамну конструкцію і, відповідно, до підвищення довговічності установки в цілому.

3. Результати роботи можуть в подальшому бути корисними для уточнення та удосконалення існуючих інженерних методів розрахунку приводних механізмів машин роликового формування як на стадіях проектування/конструювання, так і в режимах реальної експлуатації.

Список літератури

1. *Гарнець В. М.* Прогресивні бетоноформуючі агрегати і комплекси / *В. М.* Гарнець. – К.: Будівельник, 1991. – 144 с.

2. *Кузин В. Н.* Технология роликового формования плоских изделий из мелкозернистых бетонов / *В. Н. Кузин*: Автореф. дис… канд. наук. – М, 1981. – 20 с.

3. *Рюшин В. Т.* Исследование рабочего процесса и разработка методики расчета машин роликового формования бетонных смесей / *В. Т. Рюшин*. – Дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук. – К., 1986. – 190 с.

4. *Ловейкін В. С.* Динамічний аналіз роликової формовочної установки з рекупераційним приводом / *В. С. Ловейкін, К. І. Почка* // Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин: Праці І-ї Міжнародної науково-технічної конференції (DSR AM-I). – Тернопіль, 2004. – С. 507–514.

5. *Ловейкін В. С.* Результати експериментальних досліджень режимів руху роликової формувальної установки з рекупераційним приводом / *В. С. Ловейкін, К. І. Почка* // Вісник Харківського національного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х., 2007. – № 59, т. 1. – С. 465–474.

6. *Ловейкін В. С.* Визначення оптимального значення кута зміщення кривошипів роликової формувальної установки з рекупераційним приводом / *В. С. Ловейкін,*

К. І. Почка // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – НУ «Львівська політехніка», 2007. – № 41. – С. 127–134.
7. *Ловейкин В. С.* Расчёты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин / *В. С. Ловейкин*. – К.: УМК ВО, 1990. – 168 с.

Аннотация. *Разработана конструкция роликовой формовочной установки с кулачковым приводным механизмом и построен профиль кулачка для обеспечения комбинированного динамического режима возвратно-поступательного движения формовочной тележки.*

Ключевые слова: ***роликовая формовочная установка, режим движения, привод, кулачковый механизм***

Annotation. *The design of roller forming installation with the cam driving mechanism is developed and the cam profile for providing the combined dynamic mode of back and forth motion of the forming cart is constructed.*

Key words: ***roller forming installation, movement mode, drive, cam mechanism***

УДК 631.4+526(075)

ОЦІНКА ПРОСТОРОВОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ РІВНИННОГО ЛІСОСТЕПУ

Л. В. Аніскевич, доктор технічних наук
В. М. Стародубцев, доктор сільськогосподарських наук

Анотація. *Запропонована оцінка просторової неоднорідності ґрунтового покриву рівнинних територій з типовими чорноземами. Для її обгрунтування використані польові місцевизначені дані з глибини залягання карбонатного горизонту в профілі ґрунтів. Введено поняття «коефіцієнта неоднорідності» стану ґрунтового покриву і запропоновано порядок його розрахунку. Практичне використання «коефіцієнта неоднорідності» є ефективним при впровадженні технологій точного землеробства, при організації багаторічних агрономічних досліджень, а також при коригуванні детальних ґрунтових карт.*

Ключові слова: ***мікрозападини, ґрунтовий покрив, чорноземи, карбонатність, коефіцієнт неоднорідності***

© Л. В. Аніскевич, В. М. Стародубцев, 2016

Постановка проблеми. У Правобережному Лісостепу України з рівнинним рельєфом унікальну роль у формуванні ландшафтів і ґрунтового покриву грають мікрозападини. Їх природа і особливості функціонування досі недостатньо досліджені [1], а значення у формуванні ґрунтового покриву і його сільськогосподарському використанні недооцінене [7–9]. Особливо важливо враховувати роль мікрозападин на полях, де проводяться багаторічні агрономічні дослідження. У ґрунтознавстві переважну увагу приділяють добре видимим в рельєфі мікрозападинам («блюдцям») глибиною до 1–2 метрів. У них досліджують перерозподіл вологи атмосферних опадів, рівень зволоження самих западин і навколишньої рівнинної території, фільтрацію в ґрунтові води. Враховують також ускладнення сільськогосподарського виробництва на таких полях за тривалого перезволоження дна і схилів таких западин, а також через різні властивості грунтів на їх морфоелементах [7–9]. Такі мікрозападини широко поширені в лівобережному Лісостепу України, утворюючи складний ґрунтовий покрив з комплексів гідроморфних, солонцюватих, осолоділих і засолених грунтів і досить добре вивчені [2, 5]. Проте наші дослідження показують, що мікрозападини поширені і в Правобережному Лісостепу України [6]. Причому тут ґрунти мікрозападин формуються в основному під впливом перезволоження атмосферними опадами, що перерозподіляються по рельєфу, за участю елювіально-ілювіального процесу [4, 7–9]. Але і ґрунти рівнинних територій без чітко видимих мікрозападин, які показані на «класичних» ґрунтових картах як типові чорноземи, виявилися неоднорідними за водним режимом і властивостями. Наші дослідження показали, що на рівнинних ділянках Лісостепу навіть нанорельєф істотно перетворює водний режим грунтів, внаслідок чого в таких мікрозападинах і мікропідвищеннях формуються різні ґрунти на класифікаційному рівні виду, роду і навіть іноді - підтипу і типу. Це примушує інакше оцінювати існуючі ґрунтові карти рівнинних територій лісостепової зони і можливості їх використання.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження проводилися на полях без вираженого мікрорельєфу де тривалий час проводилися агрономічні і ґрунтові досліди в науково-дослідному господарстві «Великоснітинське» НУБіП України у Фастівському районі Київської області (рис. 1). Для дослідження неоднорідності ґрунтового покриву, визначеного на детальній ґрунтовій карті господарства як «чорноземи типові», ми використовували значення глибини залягання карбонатів як одну з найважливіших діагностичних характеристик при картографуванні грунтів Лісостепу, що впливає на багато властивостей грунтів, а саме головне – на рівень їх

варіабельності [6]. Крім того, глибина залягання карбонатного горизонту є інтегральним показником водного режиму грунтів у багаторічному аспекті. Відбір зразків грунту на аналіз відбувався на полі площею 17 га з кроком близько 50 м. Світові координати цих пунктів визначалися за допомогою GPS-приймача. Зразки грунту відбиралися ручним буром через 10 см до глибини 200 см. Наявність в грунті карбонатів визначалася по скипанню грунту від 10% соляної кислоти. Картографічний аналіз результатів дослідження здійснювався на ПК за допомогою програмного продукту Surfer.

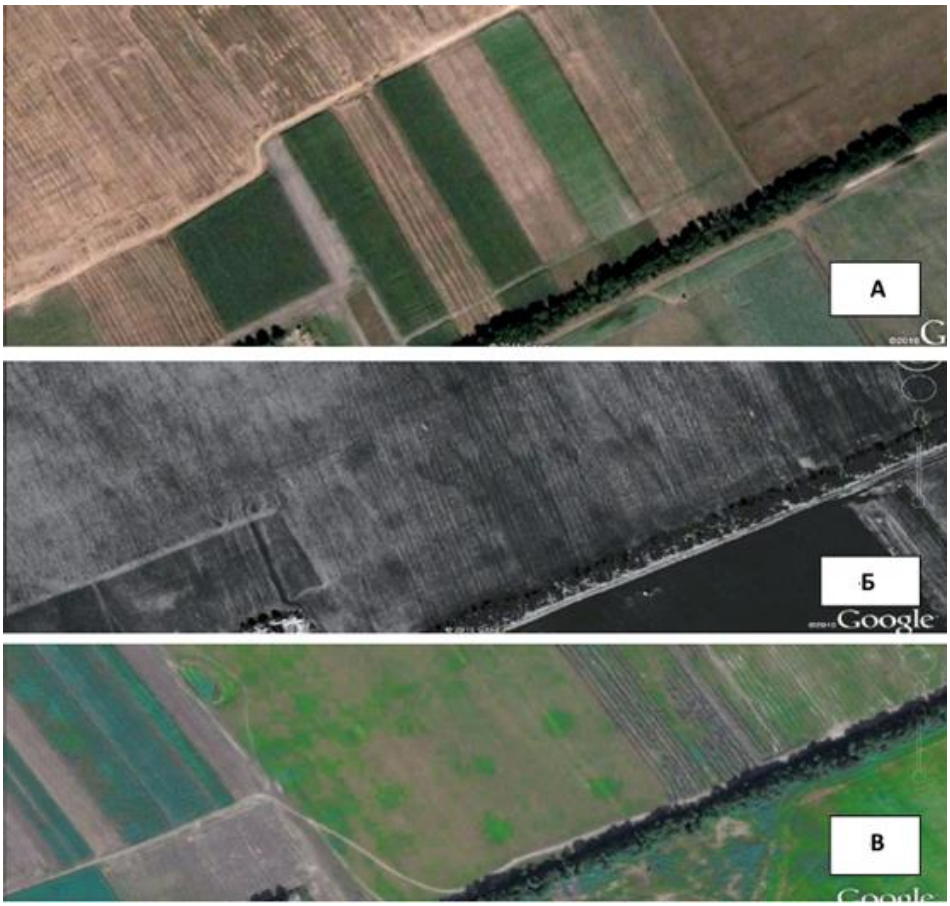


Рис. 1. Космічний знімок (картографічний сервіс Google Earth) дослідного поля у вегетаційний період (А), в передпосівний період (Б) і після збирання врожаю (В).

Результати досліджень. Типові чорноземи характеризуються зазвичай глибиною залягання карбонатного горизонту близько 40-60 см Проте на дослідній ділянці визначена нами глибина залягання карбонатів знаходилася в інтервалі від 35 до 200 см, а в двох точках вони не були виявлені і глибше 200 см (наші попередні дослідження показали, що в неглибоких, але добре виражених мікрозападинах карбонати можуть вимиватися навіть до глибин 3–5 м і більше [9]). При цьому важливо мати на увазі, що на цій

території перевищення висот окремих елементів нанорельєфа знаходилися в межах 20–30 см, хоча можна припустити, що при підготовці поля до проведення багаторічних агрономічних дослідів виконано вирівнювання його поверхні.

Результати стану ґрунтового покриву відображені у вигляді плану з ізолініями глибини залягання карбонатного горизонту (рис. 2-А) з місцем розташування точок відбору проб грунту, а також у вигляді тривимірного зображення (Б) з виділенням грунтів згідно з легендою: 1 – чорноземи типові високоскипаючі, 2 – чорноземи типові (модальні або еталонні), 3 – чорноземи типові глибокоскипаючі, 4 – чорноземи вилуговані, 5 – лучно-чорноземні ґрунти, 6 – лучно-чорноземні ґрунти на безкарбонатних лесах.

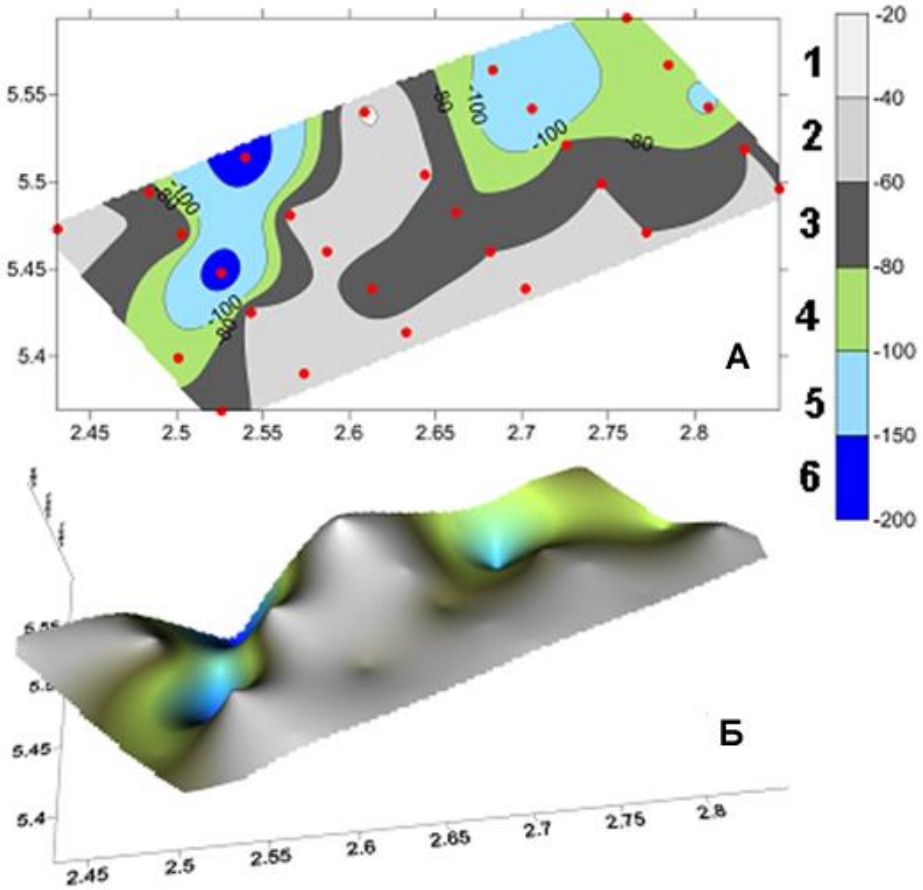


Рис. 2. Ґрунтовий покрив дослідної ділянки, діагностований за глибиною залягання карбонатного горизонту: А – двомірне зображення, Б – тривимірне зображення.

У такому вигляді картограми дають уявлення про просторову неоднорідність ґрунтового покриву як за цим показником, так і за комплексом властивостей цих грунтів. При побудові картограм виконувалась інтерполяція польових даних. Завдання просторової інтерполяції – отримати (з мінімально можливою погрішністю)

значення просторової змінної (в даному випадку - глибини залягання карбонатів у ґрунтовому профілі) в довільних точках площі поля на основі обробки і аналізу значень, виміряних в обмеженому числі відібраних точок. Для оцінки значення змінної в точці, де вона не виміряна, застосовують різні методи просторової інтерполяції. Прийнято розрізняти два основні підходи до інтерполяції: детермінований і геостатистичний. Методи детермінованої інтерполяції апроксимують невідому змінну параметричною функцією, форма якої задається явно (наприклад, поліномом), або неявно (умова мінімальної кривизни). Параметри вибираються так, щоб оптимізувати критерій найкращого наближення в точках вибірки (наприклад, найменші квадрати). Геостатистичні методи (кригінг) використовують статистичні властивості виміряних даних, оцінюючи просторову автокореляцію і враховуючи її при інтерполяції. Детерміновані методи інтерполяції часто не підходять для побудови картограм агробіологічних властивостей грунту на основі польових даних обмеженого числа точок відбору зразків. Наприклад, метод «зворотних відстаней» в режимі точного інтерполятора часто дає ефект так званих «бичачих очей» – картограм з концентричними контурними лініями навколо точок вибірки.

У нашому випадку при виборі методу інтерполяції виконувалася так звана «перехресна перевірка», суть якої полягає в тому, що з початкового набору даних випадковим чином видаляється одне спостереження, а потім, використовуючи дані, що залишилися, і вибраний алгоритм інтерполяції, розраховують аналітичне значення вибірки і нев'язку в точці цього спостереження. Цей процес повторюється задане число разів і генерує задану кількість помилок інтерполяції. На основі аналізу цих помилок можна зробити висновки про точність інтерполяції. Перехресну перевірку можна вважати об'єктивним способом оцінки якості методів інтерполяції, а також використовувати для порівняння якості вибраних методів. Для побудови картограм глибини залягання карбонатного горизонту в нашому випадку використано геостатистичний метод – кригінг. Ґрунти з глибиною залягання карбонатного горизонту більше 100 см діагностовано на підставі наших попередніх досліджень мікропонижень цього господарства [7–9] як лучно-чорноземні, хоча це вимагає подальшого уточнення за водним режимом, морфологічними ознаками і фізико-хімічними властивостями. Відносні площі, які займають відповідні ґрунтові відміни, представлені на рис. 3. Важливо відзначити, що чорноземи типові (еталонні) займають близько 30,4% загальної площі поля, тобто існуюча великомасштабна ґрунтова карта не відбиває реальний ґрунтовий покрив території.

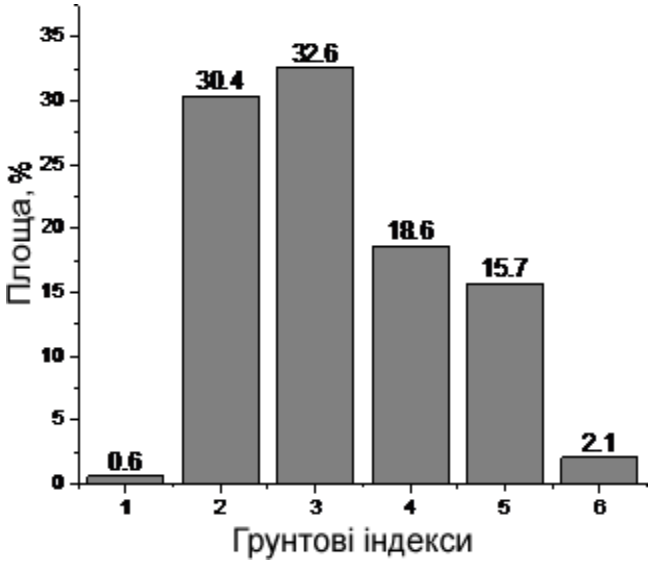


Рис. 3. Розподіл площ грунтів з різними індексами (ґрунтові індекси вказані в тексті).

Отримані на цій дослідній ділянці висновки про просторову неоднорідність ґрунтового покриву, детальні дослідження на виробничих полях в інших господарствах (опублікованих нами частково раніше) в різних районах Київської і Черкаської областей, а також аналіз детальних космічних знімків цих полів в різні фази вегетаційного періоду дозволяє зробити висновок, що просторова неоднорідність ґрунтового покриву є невід'ємною рисою його формування і функціонування в рівнинному Лісостепу правобережної України. А існуючі великомасштабні ґрунтові карти лише схематично відбивають переважаючий ґрунтоутворювальний процес на конкретному полі.

Такий висновок є істотним для сільськогосподарського використання земель цього регіону, особливо при використанні технологій точного землеробства. В той же час він надзвичайно важливий для уточнення методик організації і проведення багаторічних стаціонарних агрономічних досліджень. Ігнорування такої просторової неоднорідності ґрунтового покриву призведе до істотного зниження достовірності стаціонарних досліджень. У зв'язку з цим пропонується ввести поняття коефіцієнта неоднорідності ґрунтового покриву k_n. Розрахунок такого коефіцієнта необхідно проводити в припущенні, що ґрунтові індекси, які знаходяться близько від середнього значення індексів на конкретному полі, чинять менший вплив на варіабельність стану ґрунтового покриву, а віддалені від середнього значення на значну «відстань» - більшу. Отже, площі поля з індексами, розташованими щонайближче до середнього значення індексу, повинні мати меншу і позитивну «вагу». Тому відхилення ґрунтового індексу від середнього значення

беруться до квадрату. Крім того, чим більша площа ділянки поля з конкретним індексом, відмінним від середнього значення, тим більший вплив ця ділянка чинить на варіабельність ґрунтового покриву:

$$k_n = \frac{\sum_{i=1}^{n} (s_i (i - \bar{i})^2)}{\bar{s} \cdot \bar{i}^2} \qquad (1)$$

де: $i = 1, 2, .., n$ – кількість ґрунтових ділянок з різними індексами;

$\bar{i} = \frac{\sum_{i=1}^{n} i}{n}$ – середнє значення індексів ґрунтів, присутніх на полі;

s_i – площа ділянки з *i*-м індексом;

$\bar{s}$ – середнє значення площі ділянок з різними індексами.

При знаходженні величини $\bar{s}$ враховувалося, що побудова картограми варіабельності ґрунтового покриву виконувалася із застосуванням алгоритму інтерполяції. В зв'язку з цим середнє значення площі ділянок з різними індексами знаходиться по формулі:

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^{n} s_i \frac{s_i}{s_{\min}}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{s_i}{s_{\min}}}, \qquad (1)$$

де: $s_{\min}$ – ділянка поля з *i* -м індексом з мінімальною площею.

На рис. 4 показаний (як приклад) ґрунтовий покрив ділянки поля, де присутні ґрунти з індексами 1, 2 і 3.

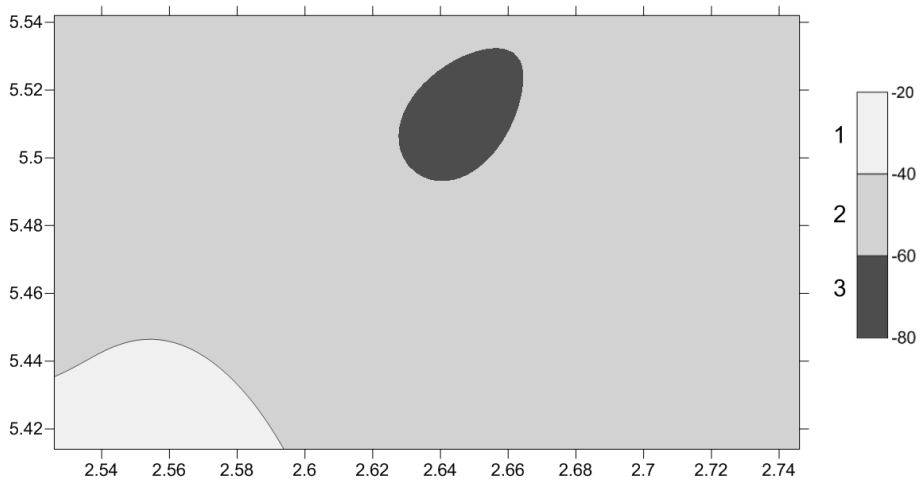


Рис. 4. Ділянка поля з ґрунтовими індексами.

Як видно, ґрунти з індексами 1 і 3 займають відносно невелику площу, а домінуючим є грунт з індексом 2. Візуальний аналіз

свідчить про те, що ця ділянка поля має низьку варіабельність ґрунтового покриву. Про це якраз і свідчить розраховане за формулами (1) і (2) значення коефіцієнта неоднорідності ґрунтового покриву, яке склало – k_n=4,6. Розрахунки коефіцієнта неоднорідності ґрунтового покриву для ряду експериментальних полів показали, що при значеннях k_n в діапазоні від 0 до 30 варіабельність стану ґрунтового покриву можна вважати низькою, для значень k_n=30–50 – середньою і для k_n>50 – високою. Для ґрунтового покриву на рис. 3 коефіцієнт неоднорідності покриву склав 63, тобто варіабельність висока. Ця класифікація надалі уточнюватиметься у міру накопичення експериментальних даних. Таким чином, запропонована нами уперше методика дозволяє кількісно оцінити просторову неоднорідність ґрунтового покриву і використовувати цей показник в практиці сільськогосподарського виробництва, точного землеробства, ґрунтового картографування, а також при організації і проведенні багаторічних агробіологічних досліджень.

Висновки

Дослідження показують, що ґрунтовий покрив рівнинного Лісостепу неоднорідний не лише із-за наявності добре виражених в рельєфі мікропонижень (мікрозападин) з напівгідроморфними і навіть гідроморфними ґрунтами, але також із-за великої строкатості покриву на рівнинних ділянках, обумовленої нанорельєфом. Перерозподіл атмосферної вологи по поверхні територій з таким рельєфом призводить до концентрації вологи в малопомітних нанозападинах, її фільтрації углиб ґрунтового профілю, вимиванню карбонатів і інших продуктів грунтоутворення на помітну глибину. У результаті на відносно рівних територіях формується дуже складний ґрунтовий покрив, представлений не лише типовими чорноземами з різною глибиною залягання карбонатного горизонту, але і вилугованими чорноземами, і навіть лучно-чорноземними ґрунтами.

Для характеристики виявленої неоднорідності ґрунтового покриву доцільно ввести коефіцієнт неоднорідності – k_n, який визначається за запропонованими нами формулами. При цьому ґрунтовий покрив з коефіцієнтом неоднорідності менше 30 відрізняється малою варіабельністю, з коефіцієнтом 30–50 – середньою, і з коефіцієнтом більше 50 – високою варіабельністю. Ця класифікація уточнюватиметься в процесі її практичного застосування і розвитку уявлень про просторову неоднорідність ґрунтового покриву.

У зв'язку з виявленою неоднорідністю ґрунтового покриву виникає необхідність уточнення існуючих великомасштабних і детальних ґрунтових карт, особливо для територій, де вирощуються

цінні сільськогосподарські культури або впроваджується система точного землеробства. Велике значення ця проблема має і при проведенні багаторічних стаціонарних агрономічних досліджень, де достовірність отриманих результатів істотно залежатиме від врахування просторової неоднорідності ґрунтового покриву дослідної ділянки.

Список літератури

1. *Азімов О. Т.* Геодинамічні процеси та їх відображення у ландшафтах / *О. Т. Азімов, В. М. Бублясь, М. В. Бублясь* // Сучасні напрямки української геологічної науки. Збірник праць УГН НАН України. – К., 2006. – С. 13–20.
2. *Гедройц К. К.* Избранные сочинения / *К. К. Гедройц*. – М.: Сельхозгиз, 1955. – Т. 1–3. – 600 с.
3. *Картографія* грунтів / За ред. *Д. Г. Тихоненко*. – Х.: Урожай, 2001. – 321с.
4. *Кауричев И. С.* Почвоведение / *И. С. Кауричев*. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.
5. *Полевой* определитель почв / Под ред. Н. И. Полупана, Б. С. Носко, В. П. Кузьмичев. – К.: Урожай, 1981. – 320 с.
6. *Стародубцев В. М.* К оценке пространственной неоднородности почвенного покрова равнинной Лесостепи / *Стародубцев В. М., Анискевич Л. В., Урбан Б. В.* // SWorld, «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития ‘2015». – 2015. – 12 с.
7. *Стародубцев В. М.* Вплив водного режиму мікрозападин Лісостепу на неоднорідність ґрунтового покриву та його використання / *В. М. Стародубцев, С. В. Яценко, С. Д. Павлюк, В. В. Іллєнко* // II Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю. – Вінниця: ФОП Данилюк, 2009. – С. 176–179.
8. *Стародубцев В. М.* Водний режим мікрозападин як чинник неоднорідності ґрунтового покриву правобережного Лісостепу / *В. М. Стародубцев, В. Є. Розстальний, С. В. Яценко, О. О. Бордусь* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: агрономія. – К., 2010. – Вип. 149. – С. 117–121.
9. *Стародубцев В. М.* Підтоплені ґрунти мікрозападин Лісостепу, їх особливості та агроекологічна роль / *В. М. Стародубцев, М. М. Ладика, Г. К. Чернявська* // IV Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю (Екологія-2013). Збірник наукових статей. Вінниця: ВНТУ. – 2013. – С. 420–422.

Аннотация. *Предложена оценка пространственной неоднородности почвенного покрова равнинных территорий с типичными черноземами. Для ее обоснования использованы полевые местоопределенные данные по глубине залегания карбонатного горизонта в профиле почв. Введено понятие "коэффициента неоднородности" состояния почвенного покрова и предложен порядок его расчета. Практическое использование "коэффициента неоднородности" является эффективным при внедрении технологий точного земледелия, при организации многолетних агрономических исследований, а также при корректировке детальных почвенных карт.*

Ключевые слова: ***микровпадины, почвенный покров, черноземы, карбонатность, коэффициент неоднородности***

Annotation. *Evaluation of soil cover spatial variability of plain territories with typical black soil is offered. The field site-specific data of carbonate horizon depth in the soil profile is used for it justification. A concept of "Coefficient of Variability" is provided and the methods of it calculation is offered. The practical use of "Coefficient of Variability" is effective for precision agriculture, for providing of long-term agronomical researches and also for adjustment of detailed soil maps.*

Key words: ***micro cavities, soil cover, black soil, carbonate, coefficient of heterogeneity***

УДК 378.147.31

СУБ'ЄКТИВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ОВОЛОДІННЯ ЗНАННЯМИ НА АКАДЕМІЧНІЙ ЛЕКЦІЇ В АГРАРНИХ ВНЗ

О. А. Дьомін, І. О. Колосок, кандидати педагогічних наук

Анотація. *Обґрунтовується необхідність розробки нових дієвих підходів в педагогічних технологіях на засадах визначених суб'єктивних закономірностей оволодіння знаннями, що дозволяє відчутно підвищити ефективність проблемного навчання на лекціях. Науково обґрунтовується механізм введення студентів в активну пізнавальну діяльність в аспекті дії суб'єктивних закономірностей оволодіння новими знаннями.*

Ключові слова: ***психолого-дидактичний аспект, проблемна лекція, креативне мислення, конвергентне мислення, дивергентне мислення, мнемічна діяльність, семантичні комплекси***

Постановка проблеми. Вища освіта завжди залежала і залежить від процесів, що відбувалися у економіці та суспільстві. Сьогодення потребує змін щодо методів і форм організації навчання, а також до рівня підготовки викладачів, їх ролі в навчально-виховному процесі.

По те, що у викладачів вищих навчальних закладів зустрічається неналежне відношення до спеціальної психолого-педагогічної підготовки, а точніше до її відсутності відмічали ще відомі вчені, зокрема Шамова Т. І., Скаткін М. М., Лернер І. Я. та інші.

© О. А. Дьомін, І. О. Колосок, 2016

І хоча існують прекрасні приклади організації Університетів педагогічної майстерності, педагоги – самоучки на жаль не рідкість у вітчизняних ВНЗ. [10] Особливо це стосується аграрної освіти. Викладачі аграрних вищих навчальних закладів, це, як правило, вчені з певних галузей сільськогосподарських наук, оволодівають мистецтвом читання лекцій та проведення інших видів занять, здебільшого, без належної педагогічної підготовки. Їм не завжди вдається знаходити оптимальні шляхи передачі студентам своїх знань і досвіду з сільськогосподарських наук та практики. Особливо це явище відчувається при проведенні лекцій, коли у свідомості студентів залишається значно менше від бажаного з того, що було повідомлено викладачем. Збіднюється не тільки дидактична, а і виховна робота з підготовки майбутніх фахівців.

Аналіз останніх досліджень. Проблемою підвищення ефективності лекції як основної форми навчання вищих навчальних закладів результативно займались такі вітчизняні вчені – педагоги як Лузан П. Г., Манько В. М., Дьомін О. А., Ягупов В. В. Рябець В. І. та інші.

Мета досліджень. Визначити суб'єктивні закономірності оволодіння знаннями в аспекті підвищення ефективності проблемного навчання на академічній лекції.

Результати досліджень. Позитивні властивості лекційного методу навчання мають багаті резерви для підвищення ефективності оволодіння знаннями і завдання педагогічної науки – розкривати і реалізовувати такі резерви в навчальному процесі. В напрямі виконання цього завдання розглянемо проблеми суб'єктивних закономірностей оволодіння знаннями, як базову для орієнтації при удосконаленні лекційного методу в психолого-дидактичному аспекті. Увагу в основному зосередимо на одному з найскладніших і водночас найпродуктивніших типів лекцій – проблемній лекції.

На академічних лекціях застосування проблемного методу навчання часто пов'язане із витратою порівняно більшого часу на розгляд нової навчальної інформації, ніж на лекціях з використання інших методів, і не завжди дає належну ефективність в оволодінні знаннями. Але формування умінь креативного, конвергентного, дивергентного мислення, яке характеризується пошуковими діями, вимагає тривалого часу, тому доцільно, по можливості, раніше розпочинати роботу по формуванню у студентів умінь пошукового мислення. Розглянемо такі можливості для розв'язання означеної суперечності в роботі зі студентами шляхом застосування проблемного навчання на лекціях під час вивчення нового матеріалу. Тут необхідно шукати нові підходи в педагогічній

технології, які дозволяють підвищити на лекціях ефективність проблемного навчання в процесі викладання нового матеріалу. З цією метою необхідно розглянути відповідні закономірності оволодіння новими знаннями в процесі навчання і можливості використання цих закономірностей на лекції.

Виготський Л. С. писав: “Запам´ятати або згадати – означає зрозуміти, осмислити, зметикувати. ... Мислення розвивається в безпосередній залежності від пам´яті” [4, С. 161]. Слід також наголосити, що поняття, які не закріплені в пам´яті, не мають властивостей брати участь у самостійній мислительній діяльності. Більше того – чим міцніше закріплена інформація в пам´яті, тим продуктивніше вона використовується в осмисленні явищ, предметів, процесів чи інших об´єктів, пов´язаних з пізнавальною діяльністю [5]. Таким чином, людина може добре мислити поняттями, які закріплені в її пам’яті. І разом з цим, як правило, з першого сприймання абсолютно нова вербальна інформація, без подальшого обмірковування, не закріплюється в пам’яті, залишаючи, в кращому випадку, лише сліди розмитих, розпливчатих вражень [5].

Якщо ж нове поняття, що вперше сприймається, зустрічає елементи, як знаки певного змісту, тобто „змістові знаки” [4], які чимось збігаються з елементами, що мають місце в раніше запам´ятованій інформації, то таке поняття до певної міри осмислюється і може на триваліший час залишати сліди у пам´яті. В таких випадках спрацьовує явище асоціаційної інтеграції і нова інформація ефективніше сприймається, осмислюється і запам´ятовується. Яскравий зразок використання такого мнемічного механізму мав місце в кінці XIX і на початку XX століть. На просторах Росії та України роз´їзджали і демонстрували своє мистецтво сотні естрадних труп. В багатьох із них працювали хлопчаки з “феноменальною” пам´яттю, які могли запам´ятовувати десятки запропонованих глядачами слів, що не мали ніякого логічного зв´язку між собою. Слова вигукували глядачі, а хлопець вголос повторював, і після паузи називав порядковий номер, який повинен запам’ятати глядач.

Насправді ніякого феномену не було. Ці хлопчаки мали добру пам’ять, але далеку від феноменальної. Хлопець раніше завчав до автоматизму біля сотні слів, занумерованих по порядку. Кожне слово, запропоноване глядачами, він пов´язував образним уявленням із однономерним словом завченого списку. Наприклад, у завченому списку під №35 стояло слово “вуса”, а запропонованим глядачами для запам´ятання 35-им словом є “машина”. Для пов´язування цих слів хлопець придумав собі уявний образ, наприклад: “вуса застряли в машині”. Як тільки глядач називав №35,

хлопець згадував із завченого списку слово – “вуса” і пригадував уявний образ: вуса застряли в машині. Вголос він промовляв “машина”. Тут спільним елементом слів “вуса” і “машина” є однаковий порядковий номер (№35), і це вже дозволяло в певній мірі запам´ятати і згадати нове слово.

Подібним чином пам´ять отримує мнемічне посилення, коли важке для запам´ятовування іноземне слово чи прізвище нового знайомого, ми пов´язуємо зі звичним для пам´яті співзвучним словом, або образом. Це дає можливість за необхідності згадати потрібне слово у слушний час.

На означених прикладах ми спостерігаємо явище, коли у мисленевій діяльності добре закріплені в пам´яті поняття стимулюють навколо себе роботу думки у найпростіших варіантах. Тут в наведених прикладах слабеньке, примітивне пов´язування спрацьовує навколо закріпленого в пам´яті поняття і дає позитивні наслідки для осмислення і запам´ятання. Якщо добре організувати системно-логічне пов´язування нової інформації з раніше набутими знаннями, то ефективність осмислення і запам´ятання нової інформації зростає. В таких умовах досконаліше працює думка, відбувається “інтеграція інформації в семантичні комплекси” [7, С. 262], створюються умови для започаткування інтелектуальних умінь репродуктивного порядку. В тому числі навчально-пізнавальних умінь, які дозволяють студентам правильно розуміти інформацію і, якщо вона закріпилася в пам´яті, відтворювати її своїми словами, графічно чи в символах.

Кращому осмисленню нової інформації сприяє також спеціально підготовлена наочність, яка використовується адекватно закономірностям зорово-смислового сприймання. Особливо варто звернути увагу на закономірність, яка полягає в тому, що абсолютно нова наочна інформація може без закріплення в пам’яті брати участь в самостійній мислитель ній діяльності безпосередньо під час її сприймання [5]. Отже уміле управління сприйманням вербальної та образної інформації сприяє підвищенню результативності осмислення і запам’ятовування студентами нових знань на лекції.

Поряд з цим слід наголосити, що чим міцніше закріплена в пам´яті інформація тим ефективніше вона може брати участь в мислительній діяльності людини. А для закріплення інформації в пам´яті необхідні вдумливі повторення. Лекція, як правило, насичена повідомленням нової інформації і, разом з тим, має дуже обмежені можливості для повторення цієї інформації з метою її закріплення. В таких умовах у студентів відбувається тільки пасивне і дуже поверхневе обмірковування нової інформації. В цей час спрацьовує в основному смислова пам´ять, яка дає можливість до певної міри

формувати знання на рівні започаткування знань-вражень, які дуже швидко можуть витиратися із пам'яті. Або в кращому випадку - знань-знайомств, які теж швидко забуваються, але можуть у певній мірі згадуватись при повторній зустрічі з ідентичною інформацією.

Викладачі намагаються віднайти такі інноваційні підходи в технології лекцій, які б дозволили вводити студентів в активну мислительну діяльність. Адже лише в особистій активній пізнавальній діяльності студентів можна формувати інтелектуальні уміння пошукових дій. Тобто такі уміння, які є обов´язковою складовою знань продуктивного рівня і ознакою особистісно-розвиваючого навчання.

Інновації викладачів, спрямовані на пошуки способів особистісно-розвиваючого навчання на лекції, зводяться головним чином до того, щоб частіше вводити студентів в активну особисту мислительну діяльність пошукового характеру. Проблемне навчання якраз і вирізняється тим, що дає можливості вводити студентів у ситуації, які спонукають їх до активізації мисленево-пошукових дій креативного плану. Адже людина починає думати там, де звичка, чи набуті раніше знання виявляються недостатніми, як цілком справедливо вважав П. П. Блонський [2, С. 174].

Активізація мисленнево-пошукових дій студентів на лекції зводиться до підвищеного зосередження їх уваги на проблемних завданнях. Із зосередженою увагою, як енергетичною базою, студенти входять у проблемну ситуацію. Проблемна ситуація в таких умовах стає ідеальним полігоном для повторення і додаткового осмислення наявних у кожного студента знань, які стосуються проблемної задачі. Разом із цим, проблемна ситуація створює у кожного студента відчуття прогалин в системі особистих знань.

Коли у студента слабенько закріплені в пам´яті опорні поняття, які можуть слугувати розв´язуванню проблемного завдання, то зосередження уваги швидко спадає. Такі студенти часто складають більшість в аудиторії. У зв'язку з послабленням уваги вони припиняють думати над розв'язанням проблемного завдання, чекаючи, що це зробить для них викладач, або інші студенти. В обставинах проблемного утруднення такі студенти, часто недооцінюють свої здібності і, зазвичай, не проявляють активності для подолання пізнавально-смислових перешкод. Як наслідок, вони не розв'язують і таких проблемних завдань, які їм потенційно посильні. У них зароджується і міцніє занижена самооцінка своїх можливостей, а для психологічного самозахисту ними підхоплюються афоризми на кшталт: "Не роби того, що за тебе може зробити інший" і т.п. Така поведінка суттєво стримує розвиток інтелекту майбутніх фахівців. Адже „зневіра, пригніченість – ці

почуття позначаються на всій розумовій праці учня, його мозок ніби ціпеніє. Тільки світле почуття оптимізму є цілющим струменем, який живить річку думки. Безпорадність, пригніченість приводять до того, що підкоркові центри, які відають емоційними імпульсами, емоційним забарвленням думки, перестають спонукати розум до праці, навпаки, вони мов би сковують його" – зауважує Сухомлинський В.О. [8].

Утруднення в розв'язанні проблеми залишають таких студентів у стані послабленого розуміння нових зань, що народжуються в проблемній ситуації. І це не від того, що "несформовані вольові якості" студента, як пише А. В. Фурман [9, С. 101], а тому, що відсутні уміння пошувових дій у пізнавальній діяльності. Вольові якості можуть відігравати суттєву роль як засіб утворення переконань в необхідності навчальної діяльності. Самі по собі вольові якості не можуть підмінити пошукові уміння.

Як тільки студенти припинили задумуватися над розв'язанням проблеми, разом з цим зникає рушійна сила для формування пошукових умінь, яка діє лише в умовах особистісної зосередженої думки. Припиняється позитивна дія закономірності, про яку пише Р. С. Нємов: "Чим більше ми думаємо над матеріалом, чим активніше ми намагаємось його уявити, тим краще і міцніше цей матеріал запам'ятовується" [6, С. 141]. Отже, цілком закономірно, що студенти, які послабили увагу, практично перестають думати над навчальним матеріалом і тому гірше оволодівають знаннями. Адже "Слабка пам'ять не існує сама пособі, це є не що інше як слабка увага" – правильно стверджує П. С. Перепелиця [7, С. 240].

Спостерігаючи такі обставини викладачі часто приходять до песимістичного висновку. Наприклад, В. М. Вергасов пише: "Під час викладання зовсім невідомого студентам матеріалу трудно, а часом і недоцільно організовувати активізацію" [3, С. 133].

Вивчаючи перебіг розглянутих обставин як дію певних закономірностей, які завжди мають місце у навчальному процесі, необхідно спрямовувати інноваційні пошуки на побудову технологій навчання, де використовується позитивний вплив таких закономірностей в процесі оволодіння знаннями. Вважаємо, що за оптимального врахування закономірностей можна домогтися ефективніших результатів в процесі оволодіння абсолютно новими знаннями на лекції, застосовуючи метод проблемного навчання.

Слід зауважити, що лекційний метод навчання часто критикують, навіть заперечують і вдаються тотального скорочення лекційних курсів, протиставляючи за якістю отриманих студентами знань, метод лекційний і метод самостійного навчання. Негативне ставлення до лекцій як методу навчання обґрунтовують головним

чином наступними її властивостями: 1) на лекції студенти здебільшого дуже поверхнево осмислюють нову інформацію і вона швидко вивітрюється з їх пам'яті; 2) знання, які студенти отримують методом самостійної навчальної роботи, осмислюються глибше і довше зберігаються в пам'яті.

Варто протиставити означені властивості цих методів навчання як напрошується висновок – відкинути у вищій школі лекційний метод і надати перевагу запровадженню методу самостійного навчання. Протиставлення, як засіб переконання в бажаному комусь напрямі, добре розвинули софісти ще стародавньої Греції. Але слід пам'ятати, що без глибокого і всебічного аналізу властивостей явищ, процесів, об'єктів, висновки способом протиставлення окремих фактів часто бувають помилковими або спотвореними навмисно. Таку ситуацію, нажаль, весь час доводиться спостерігати і в нашому сучасному суспільному житті, особливо політичному та економічному. Іноді трапляється такий гріх і в педагогів.

Шляхом протиставлення не складно обґрунтувати висновок протилежного змісту до щойно описаного заперечення академічної лекції, якщо для цього взяти за основу, наприклад, кількість навчальної інформації, яку можна надати студентам за одиницю часу. За одну лекцію слухачі отримують таку велику кількість інформації, що на самостійне ознайомлення з нею потрібно затратити місяць або й більше часу самостійної роботи кожному з них [1]. Якщо розглядати означений факт шляхом протиставлення, то логічно виникає умовивід – метод самостійної навчальної роботи настільки малопродуктивний, що мимоволі виникає сумнів – чи варто його застосовувати для вивчення нової інформації.

Не важко збагнути, що умовиводи в протиставленнях є помилковими як у першому так і в другому випадках, тому, що вони зроблені без належного аналізу суб'єктивних закономірностей оволодіння знаннями. Закономірності оволодіння знаннями – це положення, дотримання яких забезпечує позитивні наслідки пізнавальної діяльності індивіда по засвоєнню знань. Означені закономірності є регуляторами дії комплексу сил, що впливають на результативність оволодіння знаннями в процесі пізнавальної діяльності. Комплекс сил, які впливають на успіхи оволодіння знаннями в навчальній діяльності, має двобічну структуру. З одного боку діють сили, які зовні впливають на процес пізнавальної діяльності – це джерела знань, а також умови та способи отримання індивідом інформації з наданих йому джерел. Тобто, це зовнішні сили, що несуть об'єктивні знання і є практично незалежними від індивіда, що їх сприймає. З другого боку впливають на ефективність пізнавальної діяльності внутрішні сили, які здійснюють перетворення

інформації, що сприймається індивідом, у його суб'єктивні знання. Внутрішні сили, задіяні в навчально-пізнавальній діяльності, повністю залежать від внутрішнього стану суб'єкта (індивіда). Дії зовнішніх (об'єктивних) і внутрішніх (суб'єктивних) сил тісно пов'язані між собою в процесі пізнавальної діяльності. При цьому внутрішні сили відчутно реагують на дію зовнішніх сил за певними закономірностями, пов'язаними з пізнавальними процесами у суб'єкта, який намагається засвоювати знання. Такі закономірності мають суб'єктивний характер тому цілком виправдано вважати їх суб'єктивними закономірностями оволодіння знаннями, або суб'єктивними закономірностями засвоєння знань.

До зовнішніх сил відносяться і методи навчання. Отже застосуванням будь яких методів навчання завжди досягають позитивних наслідків за умови дотримання суб'єктивних закономірностей оволодіння знаннями. Тобто, які б методи не застосовувалися в навчальному процесі, вони завжди повинні базуватися на суб'єктивних закономірностях оволодіння знаннями, або, в крайньому випадку, не порушувати їх. Сформулюємо суб'єктивні закономірності оволодіння знаннями, щоб, по можливості, уникати помилкових підходів у побудові технологій академічних і особливо проблемних, лекцій.

Основні суб'єктивні закономірності оволодіння знаннями, вплив яких необхідно враховувати під час підготовки та проведення академічних лекцій, полягають в наступному.

- Нова інформація з одноразового сприймання, як правило, дуже поверхнево осмислюється і тому майже не закріплюється в пам'яті.
- Мислення розвивається в безпосередній залежності від пам'яті.
- Поняття, які не закріплені в пам'яті, не мають властивостей брати участь у самостійній мисленневій діяльності.
- Закріплення понять в пам'яті відбувається внаслідок численних і вдумливих її повторень.
- Запам'ятовування нової інформації в пізнавальній діяльності зростає пропорційно збільшенню сили зосередження уваги на вдумливому її осмисленні.
- Зосередження уваги в пізнавальній діяльності студентів стимулюється відчуттям ними смислу пропонованих знань для задоволення потреб в досягненні мети навчання.
- Зміни вербальних формулювань основних понять, під час повторення нового навчального матеріалу, знижують продуктивність його осмислення і запам'ятання на початковому етапі оволодіння знаннями.

• Зміни послідовності викладу основних понять під час повторення нового навчального матеріалу теж знижують продуктивність його осмислення і запам'ятовування на початковому етапі оволодіння знаннями.

• Зорова інформація, ще не закріплена в пам'яті, може включатись у самостійну мислительну діяльність.

• Використання наочності за змістом нової інформації, за умови адекватності закономірностям її зорово-смислового сприймання, сприяє поліпшенню осмислення і запам'ятовування вербальної інформації.

• Глибина оволодіння знаннями має складну , але пряму пропорційну, залежність від кількості вдумливих її повторень і від часу, протягом якого ці повторення мають місце в пізнавальній діяльності. Чим більше доводиться думати над матеріалом, чим активніше намагатися уявити, тим краще цей матеріал осмислюється і запам'ятовується.

• Новий навчальний матеріал краще осмислюється і запам'ятовується за умови, коли в ньому є змістові знаки, які ідентичні змістовим знакам понять, наявних в пам'яті людини.

• Чим міцніше закріплені поняття та уявлення в пам'яті людини, тим продуктивніше вони можуть бути використані в процесі її вдумливої пізнавальної діяльності.

• Продуктивність оволодіння знаннями у великій мірі залежить від досконалості пізнавальних умінь і навичок студентів.

• Повторення нової та відомої інформації зосереджує увагу в понятійно-логічній сфері мислення, поглиблюючи осмислення і запам'ятовування інформації. Разом з тим, емоційна сфера людини з кожним повторенням може знижувати увагу, доводячи її до повного відключення від пізнавальних дій.

• Знання, які не використовуються або не повторюються людиною, з часом забуваються.

Висновки

1. Ми виділили тільки основні суб'єктивні закономірності, які найчастіше впливають на процес оволодіння знаннями. Одначе, цей перелік виявився досить широким. Методи і прийоми навчання (зовнішні сили), коли їх уважно розглядати, то виявляється, що кожен з них в залежності від обставин базується більш-менш повноцінно на комбінації, обмеженій кількома суб'єктивними закономірностями, і не зачіпає позитивні властивості інших закономірностей.

2. Зважаючи на досить широкий розбіг суб'єктивних закономірностей, число комбінацій у їх використанні зовнішніми силами є практично безмежним.

3. Викладачам завжди відкрите невичерпне поле для плідної професійно-педагогічної роботи в пошуках відкриття шляхів підвищення продуктивності навчального процесу.

4. Кожну нову педагогічну ідею, знахідку в навчальній роботі варто аналізувати через призму суб'єктивних закономірностей оволодіння знаннями, щоб можна було вчасно передбачати хід навчального процесу і уникнути помилкових рішень.

Список літератури

1. *Алексюк А. М.* Загальні методи навчання / Педагогіка // *А. М. Алексюк*. – К.: Вища школа, 1986. – С. 160–199.
2. *Блонский П. П.* Память и мышление / *П. П. Блонский*. – М.: Огиз-Соцэкгиз, 1935. – 230 с.
3. *Вергасов В. М.* Активизация познавательной деятельности студентов в высшей школе / *В. М. Вергасов*. – К.: Вища школа, 1985. – 176 с.
4. *Вигодський Л. С.* Память и развитие в детском возрасте / *Л. С. Вигодський* // Хрестоматия по общей психологии. – М., 1979. – 480 с.
5. *Дьомін А. І.* Психолого-фізиологічні основи активного навчання / *П. Г. Лузан, А. І. Дьомін, В. І. Рябець* // Формування активності студентів у навчанні. – К.: Вища школа, 1998. – С. 59–95.
6. *Немов Р. С.* Психология / *Р. С. Немов*. – М.: Просвещение, 1990. – 301с.
7. *Психологія* / За ред. *Ю. Л. Трофімова*. – К.: Либідь, 1999. – 558 с.
8. *Сухомлинський В. О.* Оцінки мають бути вагомими / Вибрані твори в п'яти томах // *В. О. Сухомлинський.* – К.: Радянська школа, 1976. – Т. 2. – 465 с.
9. *Фурман А. В.* Проблемні ситуації у навчанні / *А. В. Фурман*. – К.: Радянська школа, 1991. – 192 с.
10. *Чернявская Л. Ф.* К вопросу подготовки преподавателч технического вуза / *Л. Ф. Чернявская* // Современная наука: актуальные пути их решения. – 2014. – №10. – С. 20–24.

Аннотация. *Обосновывается необходимость разработки новых действенных подходов в педагогических технологиях на основе определенных субъективных закономерностей овладения знаниями, что позволяет ощутимо повысить эффективность проблемного обучения на лекциях. Научно обосновывается механизм введения студентов в активную познавательную деятельность в аспекте действия субъективных закономерностей овладения новыми знаниями.*

Ключевые слова: ***психолого-дидактический аспект, проблемная лекция, креативное мышление, конвергентное мышление, дивергентное мышление, семантические комплексы***

Annotation. *The paper proves the necessity of development of new effective approaches in pedagogical technologist based on special subjective rules of acquiring knowledge. If allows to substantially increasing the efficiency of problematic training during lectures. If*

scientifically proves the mechanism of introducing students into active cognitive in the aspect of subjective rules of acquiring new knowledge.

Key words: ***psychological and didactic aspect, problem lectures, creative thinking, convergent thinking, divergent thinking, semantic systems***

УДК 331.45:614.8:331.103.253

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ МАРКІВСЬКИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ СИСТЕМИ «МЕХАНІЗАТОР – МАШИННО-ТРАКТОРНИЙ АГРЕГАТ – ВИРОБНИЧЕ ДОВКІЛЛЯ»

О. А. Гнатюк, кандидат технічних наук
Т. О. Білько, кандидат біологічних наук
Національний університет біоресурсів і природокористування України
О. О. Покутний, кандидат фізико-математичних наук
ДУ «Інститут математики НАН України»

Анотація. *У статті продемонстровано застосування методології дослідження неперервних ланцюгів Маркова для прогнозування поведінки системи «механізатор-машинно-тракторний агрегат-виробниче довкілля» та оцінення ризику травмування трактористів-машиністів (механізаторів) АПК.*

Ключові слова: ***методи аналізу виробничого травматизму, ланцюги Маркова, професійний ризик трактористів-машиністів***

Поставлення проблеми. Відповідно до статистичних даних щодо стану виробничого травматизму в Україні агропромисловий комплекс (АПК) продовжує залишатися однією з найбільш травмонебезпечних галузей національної економіки. Так, протягом останніх п’яти років 348 працівників аграрної галузі отримали травми з летальними наслідками, що становить понад 13% від загальної кількості смертельно травмованих за цей період працівників в усіх галузях економіки України. І це без врахування даних щодо смертельному травматизму в харчовій та переробній галузях, які традиційно відносять до аграрного сектору економіки.

Найбільш травмонебезпечною та поширеною в АПК професією є професія тракториста-машиніста (механізатора), оскільки їх робота пов’язана із застосуванням різноманітних мобільних технічних

© О. А. Гнатюк, Т. О. Білько, О. О. Покутний, 2016

засобів виробництва (трактори, комбайни, самохідні сільськогосподарські машини тощо). Саме під час застосування зазначеної техніки виникає велика кількість небезпечних ситуацій, що призводять до травм різного ступеню важкості. Зокрема, протягом 2010–2014 рр. під час виконання агротехнологічних операцій загинуло 78 трактористів-машиністів (механізаторів), що становить понад 22% від загальної кількості смертельно травмованих працівників, зайнятих у сільському господарстві України. Для розроблення та впровадження дієвих та ефективних профілактичних заходів та засобів щодо зниження рівня виробничого травматизму механізаторів АПК необхідно провести ґрунтовні дослідження його причин на підставі найбільш прийнятних методів і способів з урахуванням характерних особливостей механізованих процесів в агропромисловому виробництві. Такими методами є методи ймовірнісного оцінення ризику настання нещасних випадків, оскільки дані методи дозволяють вивчати процеси перебігу травмонебезпечних ситуацій та розробляти і своєчасно впроваджувати відповідні заходи та технічні засоби безпеки. Водночас, проведені дослідження щодо визначення професійного ризику механізаторів під час експлуатації різноманітної сільськогосподарської техніки не дають змоги провести глибокий аналіз процесів перебігу травмонебезпечних ситуацій. Виходячи із зазначеного, подальші дослідження з пошуку найбільш прийнятних методів кількісного визначення професійного ризику механізаторів є актуальними.

Аналіз останніх досліджень. Виробничий травматизм, його аналіз, кількісне визначення професійного ризику та пошук ефективних шляхів зниження його рівня до прийнятних меж привертає увагу багатьох фахівців. Численні публікації як вітчизняних, так і зарубіжних науковців свідчать про існування багатьох методів та підходів щодо дослідження проблеми виробничого травматизму взагалі та ризику отримання травм на виробництві зокрема. Серед цих методів можна відзначити такі найбільш поширені як: метод експертного оцінювання [1], метод на основі теорії нечітких множин [2], метод структурного моделювання [3], статистичний метод [4] тощо.

Окрім зазначених методів, для аналізу ступеню ризику технологічного обладнання пропонують до застосування такі методичні підходи [5]:

– інженерний (ґрунтується на статистичних даних, розрахунках частоти, імовірнісному аналізі безпеки, побудові дерева небезпеки);

– модельний (заснований на побудові моделі впливу шкідливих і небезпечних виробничих чинників на працівників);

– експертний (імовірність небажаних подій визначають на основі опитування експертів чи кваліфікованих спеціалістів).

Водночас, потрібно зауважити, що окремо взяті, вони не можуть описати реальну картину процесів перебігу травмонебезпечних ситуацій в АПК, а сама специфіка сільськогосподарського виробництва дуже часто робить будь-який якісний та кількісний аналізи за цими методами та підходами досить відносними та умовними. Тому, стає необхідним пошук таких теоретичних принципів і методичних підходів, застосування яких, дало б змогу більш точно та об'єктивно дослідити професійний ризик механізаторів АПК, і на цій основі запропонувати шляхи його зниження. Звідси, ряд науковців [6-8] для дослідження явища виробничого травматизму стали ширше використовувати методи логічного та математичного моделювання. Ці методи дозволяють точніше визначати ризик виникнення аварій та настання травм, що дає змогу розробляти і впроваджувати ефективніші запобіжні заходи. Дуже широке застосування для дослідження аварійності і травматизму в провідних галузях економіки знайшли ймовірнісні методи аналізу, де їх кількісні та якісні характеристики визначають за допомогою методу «дерева відмов» [9, 10]. Зазначений метод є достатньо ефективним і зручним для оцінювання ризику травмування працівників на виробництві, проте він має певне обмеження в застосовуванні щодо якісного та кількісного аналізу динаміки перебігу травмонебезпечних ситуацій, зокрема, щодо прогнозування перебування системи «людина-машина-виробниче довкілля» (далі – система «ЛМД») в одному із станів через певний проміжок часу. Натомість, це дозволяють зробити методи, в основі яких лежать дослідження поведінки елементів людина, машина та виробниче довкілля як цілісної системи. Одним з таких методів є системний аналіз із застосуванням математичного апарату марківських випадкових процесів з дискретними станами та безперервним часом.

Мета досліджень – якісна та кількісна характеристика процесу перебігу травмонебезпечних ситуацій під час експлуатації механізаторами різноманітної сільськогосподарської техніки, ймовірнісний аналіз та прогнозування поведінки системи «механізатор – машинно-тракторний агрегат – виробниче довкілля» у середньо- та довгостроковій перспективах.

Результати досліджень. Детальний аналіз травмонебезпечних ситуацій та їх наслідків, які сталися з механізаторами АПК під час експлуатації машинно-тракторних агрегатів (МТА) вказує на певні закономірності їх перебігу. З іншого боку, виходячи із системного підходу щодо дослідження явища

виробничого травматизму, розглядаємо машинно-тракторний агрегат будь-якої конфігурації та механізатора, а в окремих випадках і чинники виробничого довкілля, як елементи цілісної системи, що перебувають у постійній взаємодії одне з одним.

Виходячи з цього, зміна стану будь-якого з елементів цієї системи під впливом різноманітних виробничих чинників неодмінно призведе до зміни первісного стану системи загалом [11].

Для описання перебігу процесів зародження, формування і настання нещасних випадків було застосовано математичний апарат, розроблений у теорії ймовірностей для марківських випадкових процесів з дискретними станами та неперервним часом, за якого перехід системи «механізатор-МТА-виробниче довкілля» (далі – система S) з одного стану в інший можливий у будь-який, наперед не відомий, випадковий момент часу t.

Розглядаючи випадкові процеси з дискретними станами і неперервним часом, зручно уявляти переходи системи S з одного стану в інший як такі, що відбуваються під впливом певних потоків подій або в матеріалізованому уявленні небезпечних виробничих чинників як «небезпечних впливів енергії» [12]. Тоді щільності ймовірностей переходу λ отримують зміст інтенсивностей відповідних потоків подій. Процес, який проходить в системі S, буде марківським, якщо всі зазначені потоки подій будуть пуасонівськими (ординарні, без післядії, з постійною чи залежною від часу інтенсивністю) [13, 14].

Для прикладу було обрано одну з найтиповіших небажаних подій, що трапляються з механізаторами під час експлуатації різноманітних МТА та самохідних сільськогосподарських машин, а саме – дорожньо-транспортна пригода (ДТП) внаслідок зіткнення МТА з іншими транспортними засобами чи нерухомими перешкодами. Граф станів процесу перебігу зазначеної небажаної події представлено на рис. 1. З рис. 1 видно, що з моменту введення МТА в експлуатацію система працює у справному стані S_0, в якому вона може перебувати весь період своєї роботи, аж до виведення з експлуатації. Однак, як свідчить практика, через деякий період часу під дією потоків подій з інтенсивністю λ_{01} система може перейти в несправний стан S_1 (у даному випадку – працювати з несправними приладами освітлення чи сигналізації). Утім, це ще не впливає на здатність нашої системи продовжувати працювати в заданому режимі. Працюючи у стані S_1 під дією потоків подій з інтенсивністю λ_{10}, система може повернутися через певний час назад у стан S_0 (приведення засобів освітлення чи сигналізації у справний стан). Проте, через певні помилки механізатора, під дією потоків подій з інтенсивністю λ_{12}, система може перейти у стан S_2, який

характеризується потраплянням механізатора в небезпечну ситуацію, а саме – заїжджання МТА в зону зіткнення з іншим транспортним засобом чи нерухомою перешкодою.

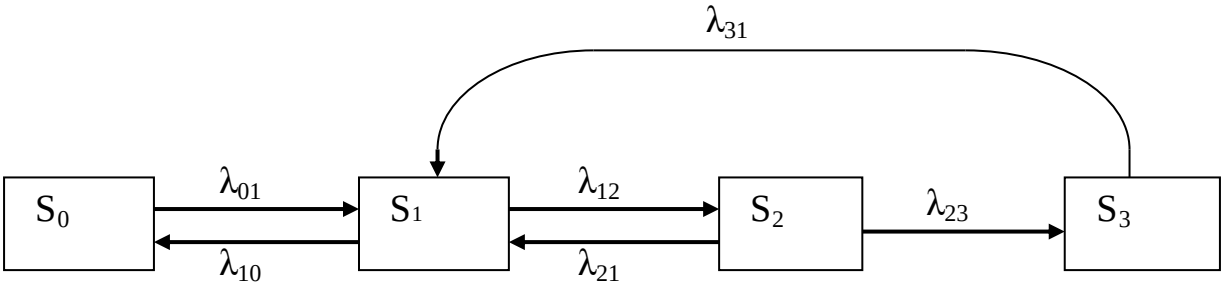


Рис. 1. Граф станів процесу перебігу небажаної події «ДТП внаслідок зіткнення МТА з іншими транспортними засобами чи нерухомими перешкодами»: S_0 – система працює у справному стані; S_1 – система працює у несправному стані (прилади освітлення та сигналізації вийшли з ладу); S_2 – потрапляння механізатора в небезпечну ситуацію (заїжджання МТА в зону зіткнення з іншим транспортним засобом чи нерухомою перешкодою); S_3 – перехід небезпечної ситуації у критичну ситуацію (травмування механізатора внаслідок зіткнення МТА з іншим транспортним засобом чи нерухомою перешкодою).

Далі існують декілька варіантів розвитку небажаної події:

– під дією потоків подій з інтенсивністю λ_{21} система повертається у попередній стан S_1, в якому може продовжувати працювати й надалі, або згодом під дією потоків подій з інтенсивністю λ_{10} повертається у вихідний стан S_0;

– під дією потоків подій з інтенсивністю λ_{23} система переходить у стан S_3, який характеризується переходом небезпечної ситуації в критичну (травмування механізатора внаслідок зіткнення МТА з іншим транспортним засобом чи нерухомою перешкодою) та наступним поверненням під дією потоків подій з інтенсивністю λ_{31} у стан S_1, в якому система, подібно до обставин за пунктом *а*, може працювати й надалі, або згодом, під дією потоків подій з інтенсивністю λ_{10}, повернутись у вихідний стан S_0.

Знаючи розмічений граф станів, можна визначити ймовірності станів нашої системи $P_0(t), P_1(t), P_2(t)$ та $P_3(t)$ як функції часу. А саме, зазначені ймовірності задовольняють системі диференційних рівнянь Колмогорова-Чепмена, в яких невідомими функціями є ймовірності станів системи [13]:

$$\begin{cases} \dfrac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda_{01}P_0(t) + \lambda_{10}P_1(t), \\ \dfrac{dP_1(t)}{dt} = \lambda_{01}P_0(t) - (\lambda_{10} + \lambda_{12})P_1(t) + \lambda_{21}P_2(t) + \lambda_{31}P_3(t), \\ \dfrac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_{12}P_1(t) - (\lambda_{21} + \lambda_{23})P_2(t), \\ \dfrac{dP_3(t)}{dt} = \lambda_{23}P_2(t) - \lambda_{31}P_3(t) \end{cases}$$

з нормувальною умовою $P_0(0) + P_1(0) + P_2(0) + P_3(0) = 1.$

Вводячи до розгляду вектор-функцію $\vec{P}(t) = (P_0(t), P_1(t), P_2(t), P_3(t))$ та матрицю інтенсивностей:

$$\Lambda = \begin{pmatrix} -\lambda_{01} & \lambda_{10} & 0 & 0 \\ \lambda_{01} & -\lambda_{10} - \lambda_{12} & \lambda_{21} & \lambda_{31} \\ 0 & \lambda_{12} & -\lambda_{21} - \lambda_{23} & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{23} & -\lambda_{31} \end{pmatrix},$$

можемо переписати систему рівнянь Колмогорова у вигляді наступної лінійної матричної системи диференційних рівнянь:

$$\begin{cases} \dfrac{d\vec{P}(t)}{dt} = \Lambda\vec{P}(t), \\ l\vec{P}(\cdot) = \sum\limits_{i=0}^{3} P_i(0) = 1, \;\; P_i(0) \geq 0. \end{cases} \tag{1}$$

Для розв’язування системи (1) можна застосувати перетворення Лапласа. Згідно з [15] для функції $f(t)$ її перетворення Лапласа має вигляд:

$$F(p) = \int\limits_0^{\infty} e^{-pt} f(t)dt.$$

Тоді похідній $f'(t)$ буде відповідати функція $pF(p) - f(0).$

Обернене перетворення Лапласа здійснюємо так:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi i} \int\limits_{t-i\infty}^{t+i\infty} e^{pt} F(p)dp..$$

Нехай вектор-функція $\vec{\pi}(p)$ має наступний вигляд:

$$\vec{\pi}(p) = (\pi_0(p), \pi_1(p), \pi_2(p), \pi_3(p)),$$

де: $\pi_i(p), i = \overline{0,3}$ – відповідні образи функцій станів $P_i(t), i = \overline{0,3}$ у разі перетворення Лапласа. Тоді диференційна система (1) перетвориться на лінійну алгебраїчну систему:

$$\vec{\pi} = Q\vec{\pi} + \vec{g}, \tag{2}$$

де: матриця Q та вектор $\vec{g}$ відповідно мають вигляд:

$$Q = \frac{1}{p}\Lambda, \quad \vec{g} = \frac{1}{p}(P_0(0), P_1(0), P_2(0), P_3(0)),$$

або в розгорнутому вигляді:

$$\begin{cases} \pi_0(p) = -\dfrac{\lambda_{01}}{p}\pi_0(p) + \dfrac{\lambda_{10}}{p}\pi_1(p) + \dfrac{P_0(0)}{p}, \\ \pi_1(p) = \dfrac{\lambda_{01}}{p}\pi_0(p) - \dfrac{(\lambda_{10}+\lambda_{12})}{p}\pi_1(p) + \lambda_{21}\pi_2(p) + \lambda_{31}\pi_3(t) + \dfrac{P_1(0)}{p}, \\ \pi_2(p) = \dfrac{\lambda_{12}}{p}\pi_1(p) - \dfrac{(\lambda_{21}+\lambda_{23})}{p}\pi_2(p) + \dfrac{P_2(0)}{p}, \\ \pi_0(p) = \dfrac{\lambda_{23}}{p}\pi_2(p) - \dfrac{\lambda_{31}}{p}\pi_3(p) + \dfrac{P_3(0)}{p}, \end{cases}$$

з умовою $\sum_{i=0}^{3}\pi_i(p) = \dfrac{1}{p}$.

Перетворимо систему (2) до вигляду:

$$(I-Q)\vec{\pi} = \vec{g}\ . \qquad (3)$$

Можливі два випадки:

1) $\det(I-Q) \neq 0.$

Тоді існує єдиний розв’язок матричної системи (3) у вигляді:

$$\vec{\pi} = (I-Q)^{-1}\vec{g}.$$

Виконання умови нормування перевіряємо безпосередньою підстановкою отриманого розв’язку;

2) $\det(I-Q) = 0.$

У цьому випадку розв’язок матричної системи (3) існує не для всіх правих частин $\vec{g}$, а лише для тих і тільки для тих $\vec{g}$, що задовольняють умову $P_{N((I-Q)^T)}\vec{g} = \vec{0}$. У разі виконання цієї умови множина розв’язків даної системи матиме вигляд:

$$\vec{\pi} = (I-Q)^{+}\vec{g} + P_{N(I-Q)}\vec{c}.$$

Для довільного вектора $\vec{c} \in R^4$, де матриця $(I-Q)^{+}$ – псевдообернена за Муром-Пенроузом до матриці *(I - Q)* [15].

Виконуючи обернене перетворення Лапласа та перевіряючи нормувальну умову, знаходимо шуканий розподіл станів.

Для прикладу покажемо обчислення ймовірнісних функцій станів системи «ЛМД», що складається з елементів «механізатор-МТА-виробниче довкілля». Для розрахунку коефіцієнтів інтенсивностей переходів зазначеної системи використовували усереднені статистичні дані: Держстату України – щодо кількості тракторів, які перебували на обліку в сільськогосподарських підприємствах; Держсільгоспінспекції України – щодо кількості тракторів, які експлуатували з несправними приладами освітлення та сигналізації; Держгірпромнагляду України – щодо випадків травмування механізаторів під час експлуатації тракторів з несправними приладами освітлення та сигналізації, а також експертні оцінки фахівців щодо ймовірностей окремих станів процесу перебігу травмонебезпечних ситуацій.

У результаті аналізу відповідних співвідношень, що характеризують кожний стан досліджуваної системи, було отримано такі коефіцієнти інтенсивностей за середньостатистичної кількості тракторів (149720 одиниць), які перебувають на обліку сільськогосподарських підприємств:

- кількість тракторів, які працюють зі справними приладами освітлення та сигналізації – 136245 одиниць (λ_{00} = 0,91);
- кількість тракторів, які працюють з несправними приладами освітлення та сигналізації – 13475 одиниць (λ_{01} = 0,09);
- кількість тракторів, на яких прилади освітлення та сигналізації приведено у справний стан – 10780 одиниць (λ_{10} = 0,8);
- кількість тракторів з несправними приладами освітлення та сигналізації, які продовжують експлуатувати – 2695 одиниць (λ_{11} = =0,2);
- кількість тракторів з несправними приладами освітлення та сигналізації, експлуатація яких призвела до настання травмонебезпечних ситуацій – 1887 одиниць (λ_{12} = 0,7);
- кількість травмонебезпечних ситуацій, що перейшли у критичні – 377 випадків (λ_{23} = 0,2);
- перехід з травмонебезпечних ситуацій у несправний стан – 1510 випадків (λ_{21} = 0,8);
- перехід з критичних ситуацій у несправний стан – 377 випадків (λ_{31} = 1,0).

Матриця переходів станів системи буде наступна:

$$\mathrm{P} = \begin{pmatrix} -0{,}09 & 0{,}1 & 0 & 0 \\ 0{,}09 & -0{,}8 & 0{,}2 & 1 \\ 0 & 0{,}7 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}8 & -1 \end{pmatrix}.$$

Розв’язавши рівняння Колмогорова-Чепмена та врахувавши умову нормування, отримуємо множину ймовірностей станів системи:

$$\begin{cases} P_0(t) = -0{,}0232c_1(0{,}3724)^t - 0{,}79c_3(0{,}9028)^t + 0{,}2169, \\ P_1(t) = \ 0{,}2086c_1(0{,}3724)^t + 0{,}097c_3(0{,}9028)^t + 0{,}2589, \\ P_2(t) = -0{,}7778c_1(0{,}3724)^t - 0{,}7071c_2(0{,}9028)^t + 0{,}097c_3(0{,}9028)^t + 0{,}2185, \\ P_3(t) = \ 0{,}5924c_1(0{,}3724)^t + 0{,}7071c_2(0{,}9028)^t + 0{,}596c_3(0{,}9028)^t + 0{,}3057. \end{cases}$$

Для того, щоб виконувалася умова нормування, необхідно покласти константи $c_1 = c_2 = c_3 = 0{,}1$.

Функції станів можна представити в наступному вигляді:

$$\begin{cases} P_0(t) = -0{,}00232(0{,}3724)^t - 0{,}079(0{,}9028)^t + 0{,}2169 \\ P_1(t) = \ 0{,}02086(0{,}3724)^t + 0{,}0097(0{,}9028)^t + 0{,}2589 \\ P_2(t) = -0{,}07778(0{,}3724)^t - 0{,}07071(0{,}44937)^t + 0{,}0097(0{,}9028)^t + 0{,}2185 \\ P_3(t) = \ 0{,}05924(0{,}3724)^t + 0{,}07071(0{,}44937)^t + 0{,}0596(0{,}9028)^t + 0{,}3057 \end{cases}$$

На підставі отриманих даних побудовано графіки кінетичних залежностей ймовірностей *P* станів системи (рис. 2).

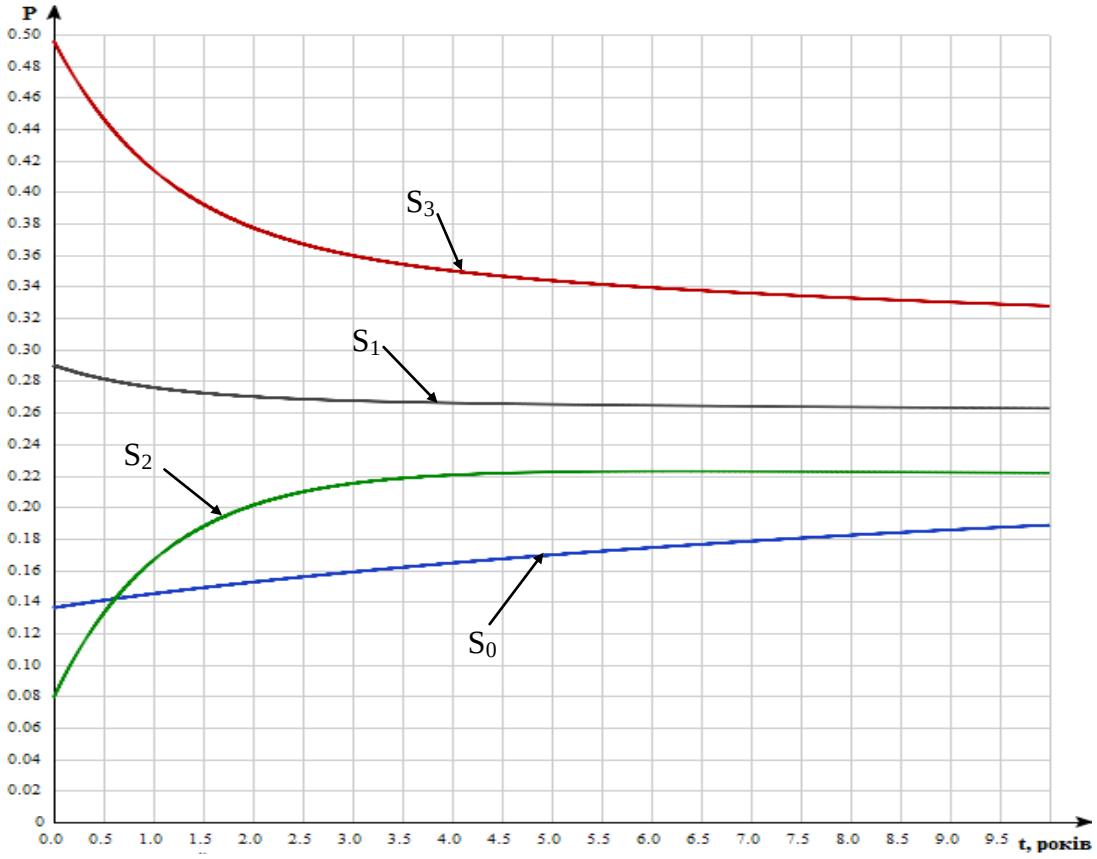


Рис. 2. Графіки кінетичних залежностей ймовірностей *P* станів системи (S_0, S_1, S_2, S_3).

Отже, у довгостроковій перспективі (10 років) ймовірність перебування нашої системи у стані S_0 становитиме 0,2169, у стані S_1 – 0,2589, у стані S_2 – 0,2185, у стані S_3 – 0,3057. Це означає, що 21,69% агрегатів працюватимуть у справному стані S_0, 25,89% перейдуть у несправний стан S_1, 21,85% перейдуть у небезпечний стан S_2 (буде створено небезпечну ситуацію). Ймовірність системи перейти у критичний стан S_3 (травмування механізатора) у такому випадку становитиме 30,57%. Як видно з наведеного оціночного прикладу, отримані результати можна використовувати для прогнозування ймовірностей станів системи «ЛМД» у категоріях виробничого ризику травмування механізаторів АПК.

Висновки

1. Застосування неперервних ланцюгів Маркова, як одного з методів імовірнісного аналізу випадкових подій дає змогу кількісно оцінювати ризик травмування трактористів-машиністів під час експлуатації машинно-тракторних агрегатів та знаходити ймовірності

на всіх етапах розвитку процесу перебігу травмонебезпечних ситуацій, а також прогнозувати ймовірність перебування системи «ЛМД» в тому чи іншому стані через певний проміжок часу.

2. Прогнозні показники ймовірностей змін станів системи «ЛМД» на основних виробничих процесах в АПК вказують на те, що у середньо- та довгостроковій перспективах зазначена система набуває стаціонарного режиму функціонування, тобто ймовірності її станів практично не змінюються.

Список літератури

1. *Holmberg J.* Application of the Dempster – Shafer Theory of Evidence for Accident Probability Estimates / *J. Holmberg* // Rel. Eng. And Syst. Safety. – 1989. – № 1. – P. 47–48.

2. *Karwowski W.* Fuzz modeling of risk factors for industrial accident prevention – Some empirical results / *W. Karwowski, T. Marek, C. Noworol, K. Ostaszeweski* // Appl. Fuzzu Ses Methodol. And Eng. – Amsterdam eti., 1989. – P. 141–153.

3. *Krovak J.* Kaneova simulacni metoda (KSIM) – generator scenaru / *J. Krovak* // Ekon.-mat. Obz. – 1988. – № 2. – С. 183–200.

4. *Безопасность* жизнедеятельности / *М. А. Чижова, Ф. Г. Назмугдинова, Н. К. Нугаева, Б. М. Азизов*. – Казань: Казанский государственный технологический ун-т, 2001. – 132 с.

5. *Бондарь В. А.* Риск, надежность и безопасность. Система понятий и обозначений / *В. А. Бондарь, Ю. П. Попов* // Безопасность труда в промышленности. – 1997. – № 10. – С. 39–42.

6. *Антонов Г. Н.* О новых подходах к построению логико-вероятностных моделей безопасности структурно-сложных систем / *Г. Н. Антонов, А. С. Можаев* // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНИТИ, 1999. – Вып. 9. – С. 14–27.

7. *Хенли Э. Дж., Кумамото Х.* Надежность технических систем и оценка риска / Пер. с англ. *В. С. Сыромятникова, Г. С. Деминой* ; Под общ. ред. *В. С. Сыромятникова*. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.

8. *Аронов И. З.* Современные проблемы безопасности технических систем и анализа риска / *И. З. Аронов* // Стандарты и качество. – 1998. – № 3. – С. 45–51.

9. *Александров А. Б.* Использование метода дерева отказов для анализа несчастных случаев / *А. Б. Александров, В. Ф. Мартынюк, С. Л. Фомин, Е. Е. Фомина* // Безопасность жизнедеятельности. – 2002. – № 9. – С. 6–11.

10. *Лысюк С. Д.* Расчёт вероятности отравления хлоргазом с использованием кода IRRAS / *С. Д. Лысюк* // Проблеми охорони праці в Україні. – К.: ННДІОП, 2005. – Вип. 9. – С. 46–55.

11. *Левашов С.* Технология аналитического расследования причин несчастных случаев и инцидентов / *С. Левашов* // Охорона праці. На допомогу спеціалісту з охорони праці. – К., 2013. – № 3. – С. 50–52.

12. *Гнатюк О. А.* Методика застосування неперервних ланцюгів Маркова для оцінки професійного ризику операторів мобільних машинно-тракторних агрегатів (МТА) на виробничих процесах в АПК України / *О. А. Гнатюк* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х., 2008. – Вип. 75, т. 2. – С. 347–351.

13. *Вентцель Е. С.* Задачи и упражнения по теории вероятностей: Учебн. пособие для студентов ВТУЗов / *Е. С. Вентцель*. – М.: Академия, 2003. – 440 с.

14. *Дынкин Е. Б.* Марковские процессы / *Е. Б. Дынкин*. – М.: Физматгиз, 1963. – 859 с.
15. *Бойчук А. А.* Обобщенно-обратные операторы и нетеровы краевые задачи / *А. А. Бойчук, В. Ф. Журавлев, А. М. Самойленко*. – К.: Наукова думка, 1994. – 315 с.

Аннотация. *В статье продемонстрировано применение методологии исследования непрерывных цепей Маркова для прогнозирования поведения системы «механизатор-машинно-тракторный агрегат-окружающая среда» и оценки риска травмирования трактористов-машинистов (механизаторов) АПК.*
Ключевые слова: ***методы анализа производственного травматизма, непрерывные цепи Маркова, профессиональный риск трактористов-машинистов***

Annotation. *The paper demonstrated the use of continuous research methodology Markov chains to predict system behavior «mechanic-machine-tractor-unit-environment» and the risk of injury assessment tractor-drivers (machanizators) AIC.*
Key words: ***methods for analyzing injuries, continuous Markov chains, professional tractor-risk drivers***

УДК 631.31

PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODELING OF TRIBOSYSTEM “WORKING TOOL – LAND”

Borak Konstantin
Zhytomyr Agrarian and Technical College

Annotation. *The work presents the results of physical and mathematical modeling of tribology system "working toll – land". We dealt with the processes that occur in dynamic state in tribology system and tasks for further researches.*
Key words: ***tribosystem, physical and mathematical model, working tools, land***

Introduction. As a result of abrasive wear loss of the national product in developed countries ranges from 1 to 4% [1]. In agriculture complex working bodies of tillage machines are mostly exposed to wear. Ensuring reliability of these machines by improving the wear resistance is one of the major challenges of modern engineering.

© Borak Konstantin, 2016

The current stage of technological development is characterized by the use of wear-resistant materials, local hardening, heat treatment and other methods aimed to increase wear resistance of tillage machines. In these conditions, conventional methods of research of wear process are unacceptable, as working lives reach quite high values (e.g. for disk working bodies up to 3...4 years).

In tribology, in order to describe friction and wear processes in knots and mechanisms, the notion of tribosystem (TS) is used. As we know from work [2] TS is a complex thermodynamic system, which is formed by the interaction of rubbing bodies and interim environment. In tribology system occur many complex processes whose analysis is convenient to provide using the physical and mathematical model. The processes taking place in the tribology system, may be described by variables, which in general depend on the spatial coordinates and time and characterized by physical condition of TS [3].

To investigate the mechanism of wear of the friction surface in tribology system at different stages, it is necessary to use models that can provide the vulnerabilities of the system without long bench or operational research.

Main of research. Purpose of the research is analysis of tribology system "working tool – land".

An essential feature of any model is the degree of completeness of similarity of model with the object model. On this basis, all models can be divided into isomorphic and homomorphic. When modeling complex tribology systems, isomorphic models should be used, as such models include all the original characteristics of the object and can, in fact, replace it.

Physical and mathematical modeling of tribology system "working tool – land" should be carried out to identify the functional dependence of tribology process:

$$I= f(V, p, E, H_m , L, G_з, A, K_ф, P(\Delta H), C_V, W, Ha, P_г, \Psi, f), \quad (1)$$

where: I – Intensity of wear of the working tool of tillage machines, m^3/m; E – modul of elasticity of the material of the working body, H/m², f – coefficient of friction; V – velocity of the working body relative to ground m/s, p – pressure on the surface of the body N/m; N_m – micro hardness of the surface of the body, Pa; L – way of friction, m; G_3 – degree of consolidation of abrasive particles; $P(\Delta H)$ – probability of impact loading occurrence; C_V – the percentage of silica sand in the soil (mechanical soil texture); Ψ – soil acidity; W - soil moisture,%; H_a – micro hardness of abrasive; $P_г$ – soil hardness, kg/m^2; A – the average size of the abrasive particles, m; $K_ф$ –coefficient of abrasive particles form:

If case of tribology system "working tool – land", it consists of the components presented in Fig. 1.

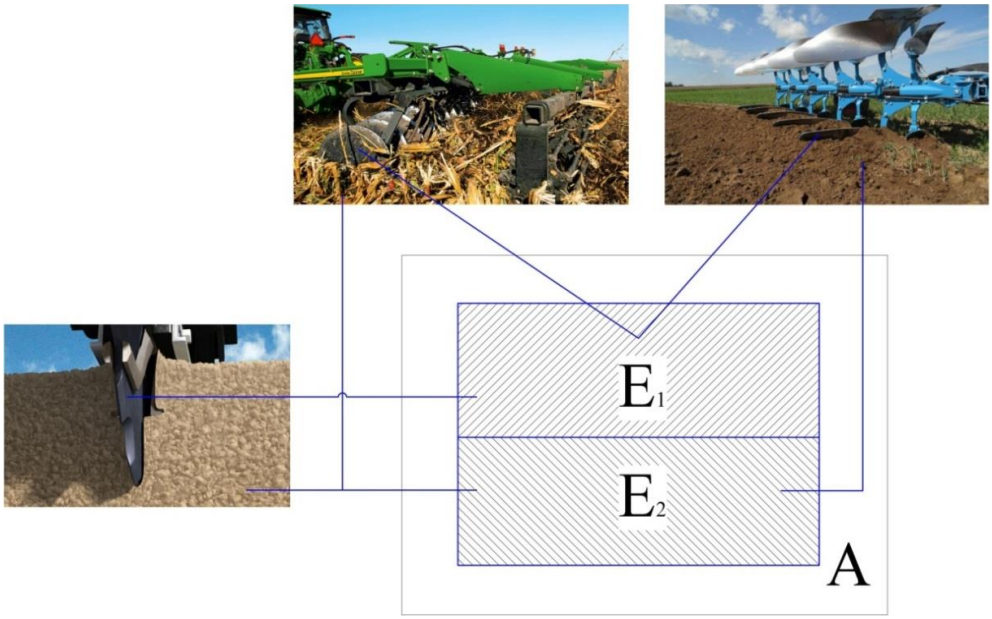


Fig. 1. Tribology system and tribology model: *A* – the environment; E_1 – working tool of tillage machines, E_2 – land.

It is known from work [3], that properties of details of tribology systems influence its structure, in our case tribology system components differ significantly in their properties.

Features of tribology system "working tool - land":

1) Mass wear is characteristic to one element of the system (working took);

2) An intermediate environment may appear on the second element (land) at certain humidity;

3) Soil as part of tribology system is heterogeneous and consists of many components (physical sand, natural clay, plant matter, living organisms, air, water, salts, and acids). Each of these elements differently affects the intensity of wear of working body.

4) In some cases this tribology system should be divided into two subsystems, since the mechanisms of wear on different surfaces of the body will be different (depending on the degree of consolidation of abrasive in soil, which interacts with the surface of the working tool).

As shown in tribology model, the interaction of two bodies E_1 and E_2 is without lubricant, but as noted in work [4], on clay and loamy soils with moisture reaching the limit, water appears on the contact surface, which acts as a lubricant. This is submitted by the experimental results (Figure 2), as seen, coefficient of friction significantly reduced for sandy soil with a moisture content of 20%, for heavy loam and clay soils - 30%. At this moisture level it is not possible to carry out manufacturing operations because farming equipment requirements cannot be executed, so we will not work with the tribology system with lubricant (water).

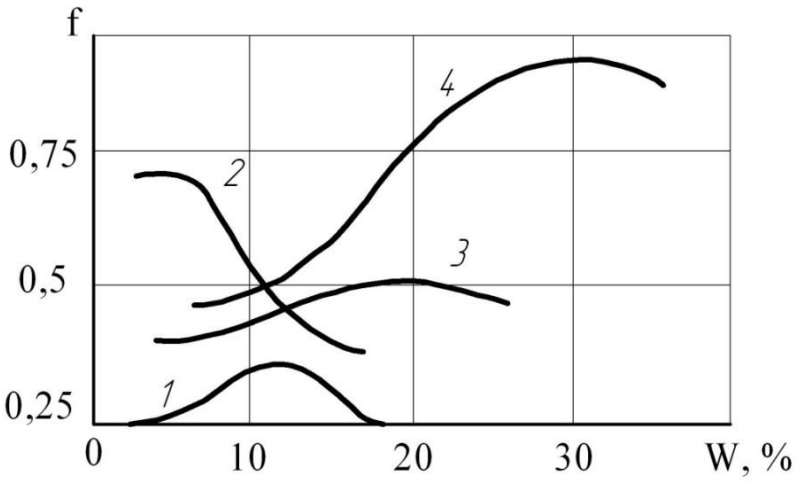


Fig. 2. Change of friction coefficient *f* of soil on steel depending on humidity: 1 – sandy soil, 2 – sandy bound soil, 3 – medium loam, 4 – heavy loam and clay.

In the interaction components of TS exercise mutual influence. This interaction will vary depending on the static or dynamic condition of tribology system. TS "working tool - land" only occurs in a dynamic state, so there is no need to consider it in a static state. The processes that occur in a dynamic state are shown in Fig. 3.

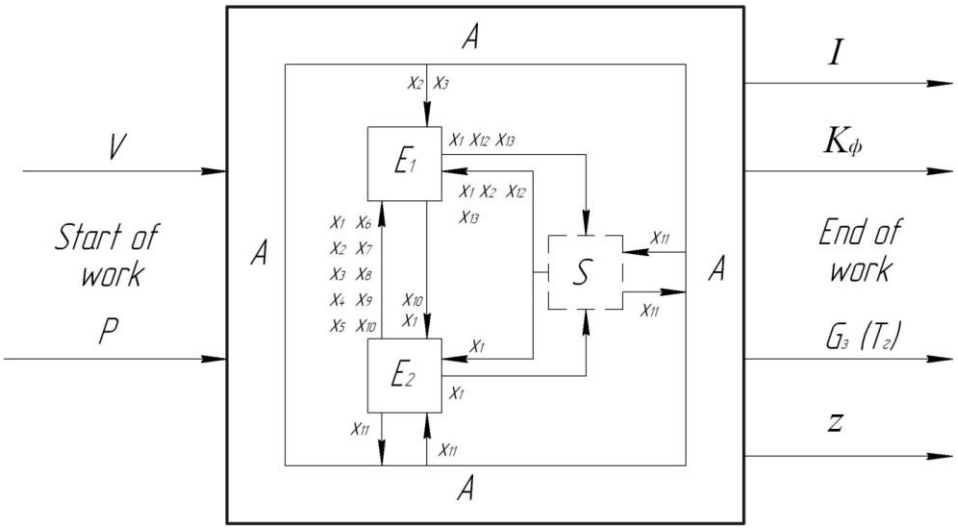


Fig. 3. Model of tribology system "working tool – land" in a dynamic state: x_1 – adhesion; x_2 – corrosion; x_3 – oxidation; x_4 – elastic deformation; x_5 – plastic deformation; x_6 – micro cutting; x_7 – scratching; x_8 – tearing; x_9 – the destruction of the friction surface; x_{10} – phase and structural changes; x_{11} – diffusion; x_{12} – adsorption; x_{13} – chemisorption; *V* – the relative speed of movement; *P* – pressure on the friction surface; I – intensity of wear; G_3 – The degree of consolidation of abrasive particles; $P_г$ – hardness of the soil; $K_ф$ – coefficient of abrasive particles form; *z* – related processes; *A* – the environment; E_1, E_2 – elements of the system; *S* – lubricant (water).

The access to tribology system includes such related processes (z), as slander of surface of friction, aging, thermomechanical, electrical and other [7].

Apparently the biggest influence in tribology system exposed element 1 (working body of tillage machine) on the part of element 2 (soil). Intensity of these processes depends on the input characteristics (*V, P*) and the initial state of the system.

The purpose of existence of tribology system "working tool - land" at a fundamental level can be considered as a transformation $\{X\} \xrightarrow{T} \{Y\}$. The main input (*X*) in tribology system is movement and the work performed by the element E_1, the main output is the structure of element E_1. In the real conditions, we get a lot of other output values that are adverse and undesirable in most cases.

In work [8] it is known that the energy balance of tribology system may be presented in form of dependence:

$$\sum E_x = \sum E_y + \sum E_z + \sum E_s + \sum E_t, \quad (3)$$

where: E_x – supplied energy; E_y – useful energy (for tribology system "working tool - land" useful energy is spent on the structure of element E2); E_Z – the losses of the system; E_S – energy storage (deformation); *Et* – warmness, obtained from mechanical energy.

The heat that is released by the interaction of element E_1 with element E_2 dissipates fairly quickly in the second element, due to its relatively large volumes compared to the first element and a significant temperature difference with the environment.

Since only one element of tribology system is subjected to mass wear, then we can write the mass balance with the help of the following equation:

$$\sum m = \left(\sum m_{E1} - \sum m_{1a} - \sum m_{1c} \right) + \left(\sum m_{E2} + \sum m_{1a} + \sum m_{1c} \right), \quad (4)$$

where: *m* – mass of tribology system; m_{E1} – mass of element E_1 before the work performance; m_{1a} – mass of material of element E_1, which is transferred to the element E_2 during the work performance; m_{1c} – mass of all products of the chemical reaction of element E_1, which is transferred to the element E_2 during the work performance; m_{E2} – mass of element E_2 before the start of work.

Sum $\left(\sum m_{1a} + \sum m_{1c} \right)$ characterizes the intensity of wear and depends on the conditions of the system (*V, p*), the properties of the element E_1 (*E*, N_m, chemical composition of the material) properties of the element E_2 (G_3 *A*, $K_ф$, *P* (*ΔH*), C_V, *W*, N_a, P_e, *Ψ*), the coefficient of friction of material of element E_1 on element E_2 (*f*) and by way of friction (*L*). In most cases tribologists try to unilaterally solve the problem of reducing the wear rate by improving the working surface properties of the element

E_1. In fact, to solve this problem, allowing to fully use the potential of the element E_1, you must use a systematic approach to analyze tribology system "working tool – land".

First attempt of system analysis in tribology were made by H. Czichos in his work «Tribology – a system approach to science and technology of friction, lubrication and wear» (in the post-soviet countries, due to incorrect translation, this work is known as "Systematic analysis in tribonik") [7].

Prior systematic analysis of tribology systems may not be fully applied to tribology system "working tool - land" because, as noted above, it has specific characteristics that do not allow it to completely fall within the classification proposed by H. Czichos [7].

To conduct a systematic analysis of tribology system "working tool - land", one shall follow these steps:

- build physical and mathematical model of tribology system in the dynamic and static state that can objectively describe all phenomena, processes and sub processes taking place in tribology system;
- make a phenomenological model of the processes taking place in the tribology system;
- to analyze the properties of individual components and aggregate properties of tribology system;
- mathematically describe the functional transformation of input variables x in the output y;
- identify the main criteria for the efficient functioning of tribology system "working tool – land", its limits and operating conditions.

The use of a systematic approach to problem solving in modeling tribology system "working tool – land" will enable:

- provide the synthesis of knowledge from different sciences (physics, chemistry, mathematics, tribology systems theory, management theory, material science, soil science, etc.);
- significantly reduce the time for laboratory, bench and operational researches for making objective decisions to improve wear resistance parts of tribology system.

Conclusions. Further investigation of tribology system "working tool – land" should be targeted to the establishment of functional dependence of tribology process with synthesis of all knowledge related sciences.

References

1. *Кіндрачук М. В.* Трибологія: підручник / *М. В. Кіндрачук, В. Ф. Лабунець, М. І. Пашечко, Є. В. Корбут*. – К.: НАУ-друк, 2009. – 392 с.

2. *Словарь*-справочник по трению, износу и смазке деталей машин [Текст] : словарь / [*В. Д. Зозуля* и др.] ; отв. ред. *И. М. Федорченко* ; Ин-т проблем материаловедения АН УССР. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Наукова. думка, 1990. – 258 с.

3. *Носко А. Л.* Математическое моделирование трибологических систем (применительно к тормозным устройствам ПТМ) / *А. Л. Носко* // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Машиностроение. – 2006. – № 1. – С. 83–98.
4. *Синеоков Г. Н.* Теория и расчетпочвообрабатывающих машин / *Г. Н. Синеоков, И. М. Панов*. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
5. *Тененбаум М. М.* Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин / *М. М. Тененбаун*. – М.: Машиностроение, 1966. – 332 с.
6. *Дворук В. І.* Трібофізика / *В. І. Дворук, В. А. Войтов*. – Х.: ФЛП Томенко Ю.І., 2014. – 374 с.
7. *Чихос Х.* Системный анализ в трибонике. A Systems Approachto the Science and Technology of Friction, Lubrication and Wear: монография / *Х. Чихос* ; пер. *С. А. Харламов*; ст. науч. ред. *О. Н. Вишнякова*; мл. науч. ред. *Е. П. Орлова*. – М.: Мир, 1982. – 351 с.
8. *Справочник* по триботехнике / Под общ. ред. *М. Хебты*, *А. В. Чичинадзе*. В 3 т. Т. 1. Теоретические основы. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с.

Анотація. *Приведено результати фізико-математичного моделювання трибосистеми «робочий орган – ґрунт». Розглянуто процеси,що відбуваються в динамічному стані трибосистеми та поставлено завдання для подальших досліджень.*

Ключові слова: ***трибосистеми, фізико-математична модель, робочі органи, грунт***

Аннотация. *Приведены результаты физико-математического моделирования трибосистемы «рабочий орган – почва». Рассмотрены процессы, происходящие в динамическом состоянии трибосистемы и поставлена задача для дальнейших исследований.*

Ключевые слова: ***трибосистемы, физико-математическая модель, рабочие органы, почва***

УДК 693.542.52-868

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛІЧАСТОТНОГО РЕЖИМУ КОЛИВАНЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ УДАРНО-ВІБРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

В. А. Басараб, кандидат технічних наук
Київський національний університет будівництва і архітектури

Анотація. *В статті розглядається питання створення полічастотного режиму коливань робочого органу електромагнітної ударно-вібраційної установки для ущільнення*

© В. А. Басараб, 2016

бетонних сумішей. В результаті теоретичних досліджень знайдено раціональний закон зміни жорсткості підвіски ударника в межах одного періоду коливань. Запропоновано нову конструкцію підвіски ударника, що дає змогу реалізовувати полічастотний режим руху. Створено лабораторну модель двомасової електромагнітної ударно-вібраційної установки з магнітно-підвішаною конструкцією ударника.

Ключові слова: ***полічастотний режим коливань, ударно-вібраційна установка, магнітно-підвішана конструкція ударника***

Постановка проблеми. Застосування ударно-вібраційних машин для ущільнення бетонних сумішей, що працюють на понижених частотах і реалізують складні р ежими взаємодії з середовищем (супергармонійний, поліфазний та ін.) доводить ефективність їхнього використання. Дослідження динаміки руху цих машин є достатньо ґрунтовними [1, 2, 6].

Аналіз останніх досліджень. Проте, на сьогоднішній день з'явились нові технології ущільнення, що потребують реалізації складних режимів руху робочого органу за умов отримання виробів високої якості та мінімальних енерговитрат. Тому, актуальним є питання створення полічастотного режиму коливань робочого органу електромагнітної ударно-вібраційної установки та дослідження особливостей поведінки машини в умовах взаємодії з багатокомпонентним середовищем.

Результати досліджень. Ефективності полічастотного впливу на бетонну суміш за умов віброущільнення присвячено багато праць, серед яких, слід відмітити роботи Кунноса Г. Я., Савінова О. А., Лавриновича Е. В., Шмигальського В. Н., Назаренка І. І. та ін. Практичне впровадження зазначеного положення в основному зводиться до реалізації принципу суперпозиції. Відомо, що процес ущільнення бетонної суміші з точки зору ефективності впливу різних параметрів вібрації є досить протирічним. Низькочастотний режим забезпечує добру проникливість енергії в товщу суміші, але не несе достатньої енергії для ефективного ущільнення багатокомпонентного середовища. На противагу цьому високочастотний режим є носієм енергії високої інтенсивності, але має низьку ступінь проникливості і швидко поглинається середовищем. Тому, було прийнято рішення шукати розв'язання цієї задачі в раціональному поєднанні низькочастотних тобто несучих та високочастотних тобто накладаємих режимів коливань робочого органу. Логічним підсумком вищенаведеного є необхідність створення вібромашини, яка дасть змогу реалізувати полічастотний характер руху робочого органу і цим самим забезпечити необхідний

за технологією режим ущільнення. Існує багато фірм та організацій, що займаються дослідженнями вібраційних систем складної структури. До фірм, що займаються розробкою вібротестового обладнання слід віднести: MRAD-Corp, TMC's ElectroDamp, Monarch Instrument, Unholtz-Dickie Corporation, Prodera-Sys-Modal і Prodera-Win-Modal, Brüel &Kjær's, Honeywell, Motorola та ін.

Деякі з цих розробок варто представити. Це вібраційна установка фірми MOOG (США) (рис. 1) яка має горизонтальну платформу, що встановлена на 6 гідравлічних домкратах, має 6 ступеней вільності та комп'ютерну систему керування в широкому амплітудно-частотному діапазоні. Наступною є віброустановка фірми TMC (США) (рис. 2), що має електромагнітні збуджувачі коливань, 6 ступеней вільності та цифрову систему управління, яка дає можливість відтворювати складний спектр коливань.

Одним з розробників вібраційного обладнання є американська фірма DTE, що презентує віброустановку з трьома ступенями вільності в якій комп'ютерна система здійснює управління гідравлічним сервоприводом (рис. 3).

Рис. 1. Вібраційна установка MOOG (США): діапазон частот – низькі, середні, високі; кількість ступеней вільності – 6; тип приводу – гідравлічний сервопривод; комп'ютерна система управління режимом коливань.

Рис. 2. Вібраційна установка TMC (США): діапазон частот – >100 Гц; кількість ступеней вільності – 6; тип приводу – електромагнітні збуджувачі; цифрова система управління.

Також цікавою є конструкція вібраційної установки фірми MOOG (США), що працює на частоті коливань 50…100 Гц, має 6 ступеней вільності та приводиться за допомогою гідропривода (рис. 4). Для проведення експериментальних досліджень було створено дослідно-експериментальний стенд, що складається з двомасової ударно-вібраційної установки з електромагнітним

приводом та аналогово-цифрової апаратури запису та обробки даних (рис. 5).

Рис. 3. Вібраційна установка фірми DTE (США): Діапазон частот – низькі, середні, високі; кількість ступеней вільності – 3; тип приводу – гідравлічний сервопривод; комп'ютерна система управління режимом коливань.

Рис. 4. Вібраційний стіл фірми MOOG (США): частота коливань – 50…100 Гц; кількість ступеней вільності – 6; тип приводу – гідравлічний.

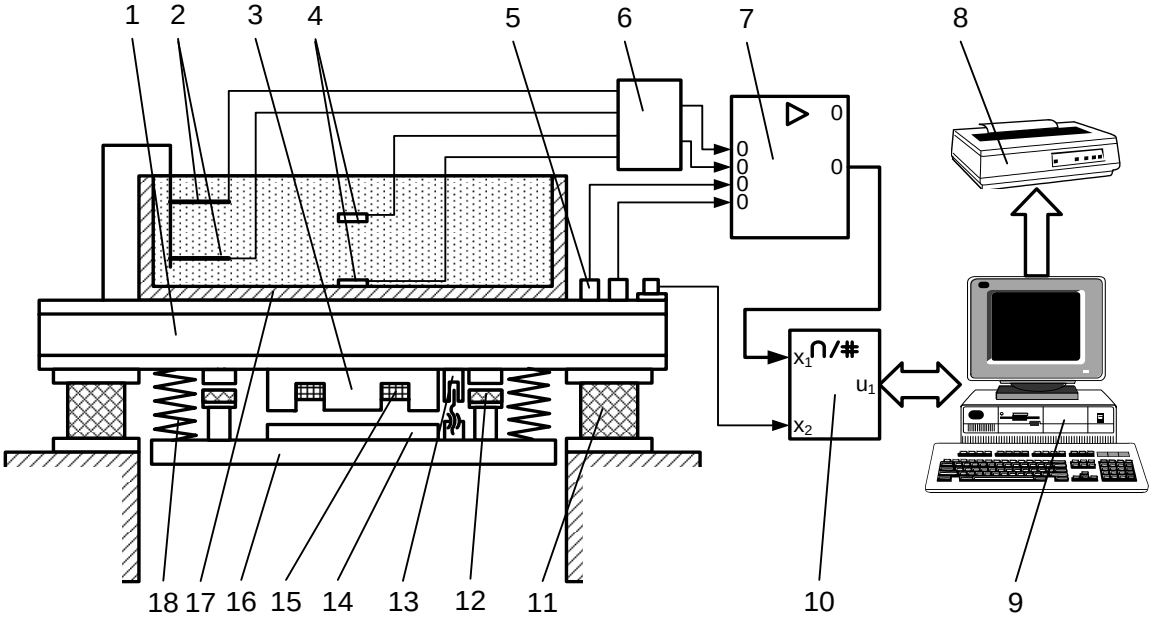


Рис. 5. Схема дослідно-експериментального комплексу: 1 – робочий орган віброустановки; 2 – датчик переміщення шару суміші; 3 – статор електромагніта; 4 – датчик тиску (мездоза); 5 – датчики пере-міщення, швидкості та прискорення; 6 – додаткові резистори; 7 – тензо-станція; 8 – принтер; 9 – ЕОМ; 10 – аналогово-цифровий перетворювач (АЦП); 11 – опорні амортизатори; 12 – буферні елементи; 13 – переривач живлення; 14 – якір електромагніта; 15 – котушка електромагніта; 16 – ударник; 17 – форма; 18 – пружні елементи (жорсткість – C_1).

Метою експериментальних досліджень було оцінка характеру та величини впливу динамічних характеристик руху робочого органу машини на оброблюване середовище. Для цього використовувалась метрова форма для ущільнення бетонної суміші в якій розміщувались тензометричні датчики переміщення шарів суміші та напруження. Отримані дані запису показань датчиків свідчать, що спектр напружень середовища в зоні контакту “форма-суміш” під час ущільнення зміщується в напрямку високих частот (максимальний вклад вносить 2-га гармоніка – ω_2=125.66 рад/с, другий пік відповідає 5-й гармоніці – ω_5=314.16 рад/с, третій максимум встановлює 7-ма гармоніка-ω_7=439.82 рад/с). Результати експериментальних досліджень доводять необхідність створення полічастотного режиму руху робочого органу вібромашини.

Звідси виникає питання по-перше врахування цього явища в методиці розрахунку параметрів машини а по-друге створення нових вібромашин, що зможуть більш ефективно здійснювати процес передачі віброенергії від робочого органу до середовища. Відомо [1], що цілеспрямованою зміною жорсткості підвіски ударника – C_1 та часом затримки на вмикання живлення електромагнітів – $t_з$ можна керувати параметрами роботи машини для забезпечення необхідного за технологією змінного режиму ущільнення, проте зміна параметрів в даній роботі відбувається за весь цикл ущільнення і не забезпечує полічастотного режиму коливань робочого органу. Для створення полічастотного режиму коливань найбільш “зручним” параметром динамічної системи є жорсткість ресори C_1, проте змінювати жорсткість механічної системи з частотою, що перевищує основну частоту роботи машини не є ефективним і потребує додаткових витрат енергії, тому, було прийнято рішення замінити механічну ресору електромагнітним підвішуванням ударника. Електромеханічна система за своїм фізичним принципом дії позбавлена цього недоліку і дозволяє, оскільки параметром жорсткості слугує магнітне поле, змінювати силу пружного підвішування з високою частотою і мінімальними енерговитратами.

В режимі комп’ютерного моделювання в середовищі MathCAD було проведено дослідження зміни параметрів роботи машини за умов зміни жорсткості ресори в міжударний період [3]. За результатами моделювання вдалось отримати стійкий полічастотний характер руху робочого органу.

Динамічним параметром, що найсуттєвіше впливає на напружено-деформований стан середовища є прискорення елементарних шарів суміші, тому умовним критерієм оцінки якості процесу приймаємо прискорення робочого органу.

Очевидно, що знайти оптимальний режим руху врахувавши всі технологічні параметри не є можливим на даному етапі, тому, задавши необхідні обмеження, знайдемо оптимальний закон зміни жорсткості ресори C_1=f(t). Для цього необхідно задати наступні умови:

1. Частота вищих гармонік становить: $f_{в.г} = (3...10)\omega_0$ (приймаємо за результатами спектрального аналізу).

2. Амплітуду прискорення вищих гармонік приймаємо: $\ddot{X}_{â.ã} = (0{,}05...0{,}1)\ddot{X}_1$.

3. Час затримки на вмикання живлення електромагнітів є постійним: $t_z = 0{,}035$ с.

Далі слід задати критерій оптимізації. Якщо основним параметром, закон руху якого ми хочемо витримати згідно вищенаведених умов, є прискорення робочого органу, тоді необхідно мінімізувати динамічні навантаження, що виникають в електромеханічній системі в результаті генерації вищих гармонічних складових. Запишемо інтегральний функціонал використовуючи енергію прискорень по Апелю [4]:

$$I_v = \int_0^{t_1} V dt \,, \qquad (1)$$

де: $V = \frac{m_1 \ddot{X}_1^{\,2}}{2}$ – енергія прискорень робочого органу вібромашини.

Для визначення оптимального закону руху робочого органу необхідно мінімізувати інтегральний функціонал (1). Умовою мінімуму функціоналу (1) є рівняння Ейлера-Пуасона [4]:

$$\frac{\partial F}{\partial q_k} - \frac{d}{dt}\frac{\partial F}{\partial \dot{q}_k} + \frac{d^2}{dt^2}\frac{\partial F}{\partial \ddot{q}_k} = 0 \,, \ (k=1, 2, \ldots s) \qquad (2)$$

де: F – міра руху або дії механічної системи, q_k – узагальнені координати системи.

В нашому випадку в якості функції F буде енергія прискорень та енергія динамічної складової третього порядку робочого органу вібромашини W, замість узагальненої координати приймаємо переміщення робочого органу X_1. Після підстановки зазначених замін у вираз (2) отримаємо рівняння четвертого порядку:

$$X^{IV} = 0 \,, \qquad (3)$$

Розв’язок рівняння (3) будемо здійснювати чисельним методом. За результатами розв’язку рівняння (3) побудовано графік (рис. 7). Для проведення критеріального аналізу в якості функції керування пружністю підвіски застосовано трикутний (пилкоподібний), прямокутний та закон синуса (рис. 8 б). Моделювання проводилось за таких початкових умов: вантажопідйомність віброблока 100 кг, жорсткість C_1 = =80000…480000 Н/м, час затримки t_z = 0,03…0,04 с. На графіках

наведено параметри системи (переміщення, швидкість, прискорення) під час дії функції керування $C_1 = f(t)$ (рис. 8, а).

Запишемо співвідношення для сили тяги електромагніта:

$$\frac{dF_e}{dx} = \frac{d}{dx}\int_0^{\psi} i \cdot d\psi \; ; \; F_e = -\frac{ab\psi_p^2}{2(b+x)^2} \; ; \; \frac{dF_e}{dx} = \frac{ab\psi_p^2}{(b+x)^3} \, . \qquad (4)$$

Побудувавши графік залежності похідної сили тяги електромагніта взятої по координаті x від відносного переміщення мас (рис. 6) та порівнявши з графіком зміни жорсткості підвіски в часі за критерієм Ейлера – Лагранжа – Пуасона (рис. 7) можна зробити висновок: функція керування повинна бути подібна до функції вимушуючої сили. Це логічно, оскільки динамічні параметри системи змінюються за законом вимушуючої сили, а також якщо технічно здійснювати пружне підвішування за допомогою електромагніту, тоді, стає очевидним, що функція яку “найпростіше” реалізувати буде саме закон зміни тяги електромагніта. Раціональні значення частот функції керування за результатами Фур’є – аналізу наведено нижче. Раціональні частоти функції керування пружністю підвіски ударника за результатами Фур’є аналізу експериментальних даних:

$$\omega_1 = 62{,}8 \; рад/с \, , \; \omega_2 = 125{,}66 \; рад/с \, , \; \omega_4 = 251{,}33 \; рад/с \, , \; \omega_5 = 314{,}16 \; рад/с \, .$$

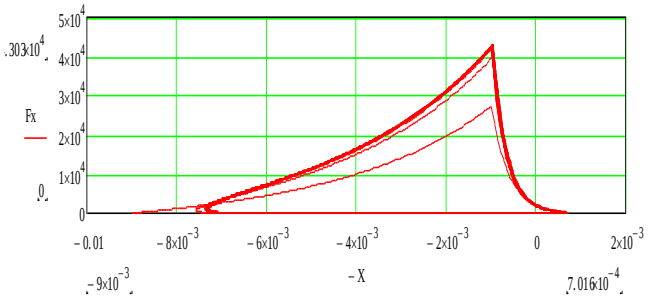


Рис. 6. Графік залежності сили тяги електромагніта від зазору в магнітопроводі.

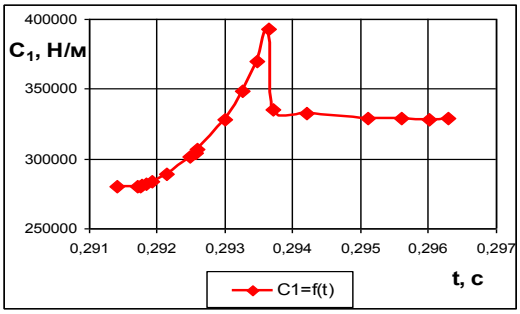
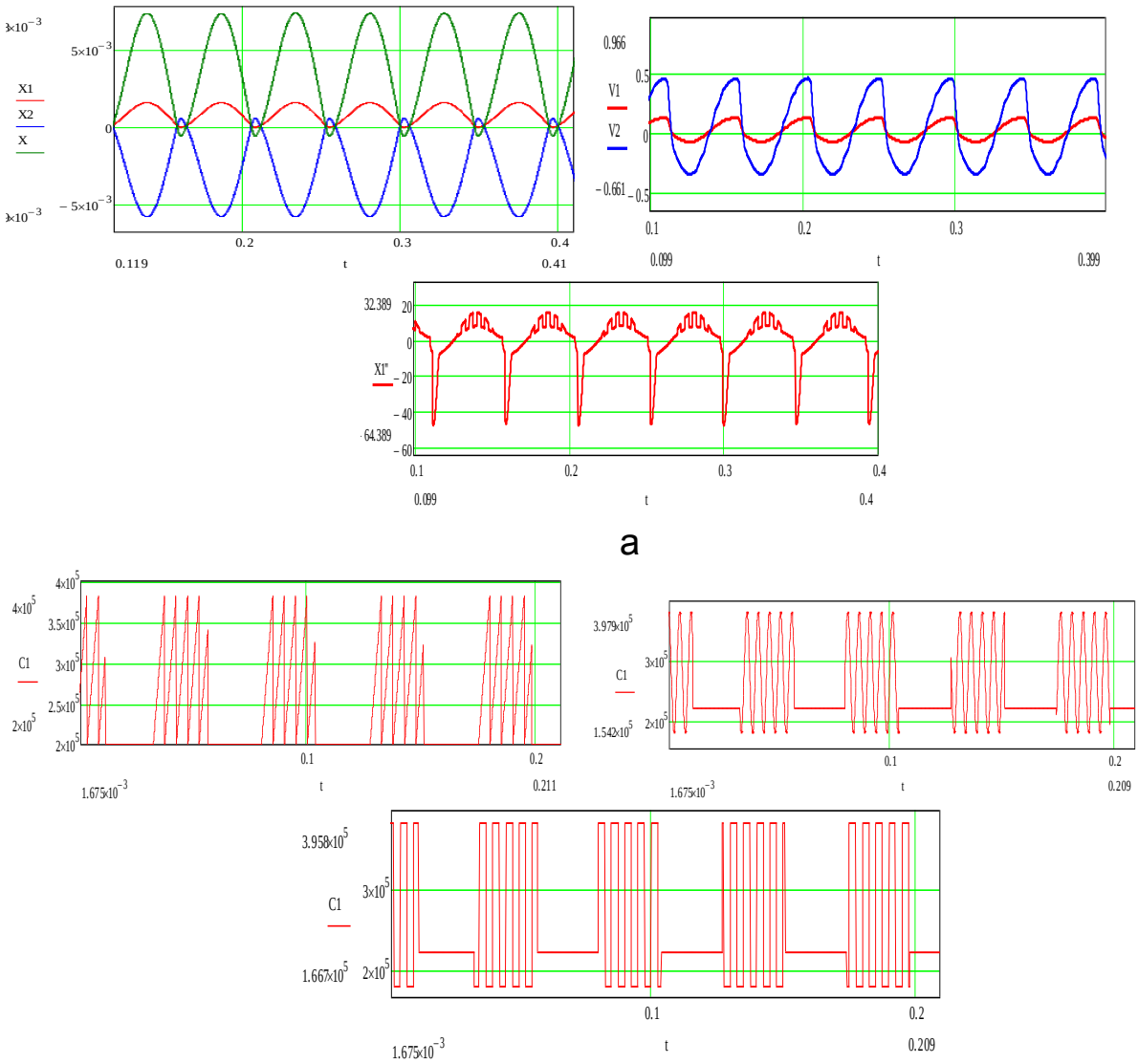


Рис. 7. Графік зміни жорсткості ресори в часі за критерієм Ейлера-Лагранжа-Пуассона.

Для того, щоб здійснювати процес керування жорсткістю підвіски ударника запропоновано нове рішення – підвішування ударника за допомогою електромагнітів, що дають можливість безінерційно створювати високочастотні коливання ударника, що накладаються на основну частоту коливань [5]. Процес керування здійснюється програмованим мікроконтролером.

Для перевірки працездатності системи створено лабораторну модель двомасової електромагнітної ударно-вібраційної установки. Установка складається з робочого органу, ударника, що підвішений на постійних магнітах, опорної рами, гумових опор, електромагніта

приводу та апаратури управління (рис. 9). Магніти підвішування розташовані зверху та знизу ударника. Від осьового переміщення ударник утримується двома направляючими осями. Загальний вигляд установки, конструктивні рішення магнітного підвішування, а також встановлення електромагніта та буферів наведено на рис. 10.



а

б

Рис. 8. Графіки зміни основних параметрів системи за умови керуючої дії $C_1=f(t)$: а) графіки основних параметрів системи, б) графіки зміни жорсткості ресори.

Нове конструктивне рішення підвіски ударника підтвердило свою працездатність – установка ефективно працювала в стійкому режимі з частотою 25 Гц. Дослід проведений з імітаторами робочого середовища засвідчив ефективну передачу ударно-вібраційної форми коливань. Проведені випробування підтверджують доцільність використання магнітного підвішування ударника.

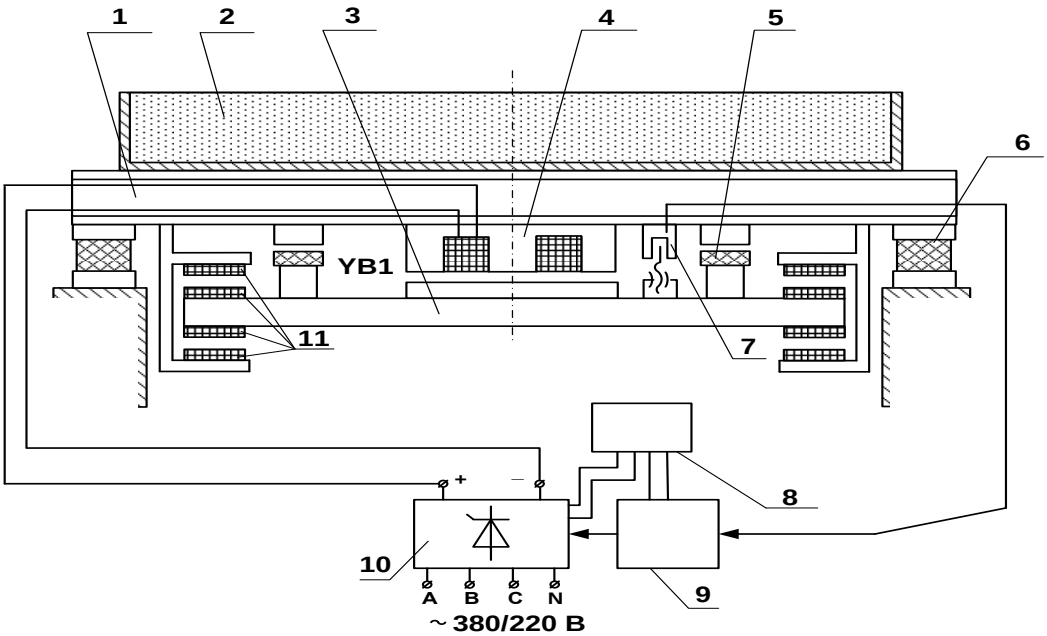


Рис. 9. Електромагнітна ударно-вібраційна установка для формування бетонних виробів: 1 – робочий орган; 2 – форма з сумішшю; 3 – ударник; 4 – основний електромагніт (YB1); 5 – буферні елементи; 6 – опорні амортизатори; 7 – індукційний датчик; 8 – програмований мікроконтролер; 9 – блок керування; 10 – тиристорний випрямляч; 11 – постійні магніти.

Рис. 10. Лабораторна двомасова електромагнітна ударно-вібраційна установка зі зміненою конструкцією підвіски ударника.

Висновки

1. За результатами теоретичних досліджень отримано стійкий полічастотний рух робочого органу.
2. Знайдено раціональний закон зміни жорсткості підвіски ударника в межах одного періоду коливань.
3. Запропонована нова конструкція підвіски ударника, що дає змогу реалізовувати полічастотний режим руху.
4. Створено лабораторну модель двомасової електромагнітної ударно-вібраційної установки з магнітно-підвішаною конструкцією ударника.

Список літератури

1. *Баранов Ю. А.* Особенности проектирования ударно-вибрационных площадок с электромагнитным приводом / *Ю. А. Баранов* // Горные, строительные, дорожные и мелиоративные машины. Респуб. межвед. науч.-технич. сборник. – К.: Техника, 1990. – Вип. 43. – С. 69–72.
2. *Иносов В. Л.* Новая электромагнитная низкочастотная виброплощадка ударного действия / *В. Л. Иносов, И. И. Назаренко, Хо Тхи Ха* // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. – 1982. – № 7. – С. 118–122.
3. *Кравченко І. М.* Керування динамічними параметрами електромагнітної ударно-вібраційної системи / *І. М. Кравченко, В. А. Басараб* // Техніка будівництва. – 2006. – №19. – С. 56–63.
4. *Ловейкин В. С.* Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин / *В. С. Ловейкин.* – К.: УМК ВО, 1990. – 168 с.
5. Патент на корисну модель 68063. Україна, МПК B28B1/08. Електромагнітна ударно-вібраційна установка для формування бетонних виробів / *Назаренко І. І., Баранов Ю. О., Басараб В. А., Кравченко І. М.* ; заявник та власник *Басараб В. А.* № u 201111032; заявл. 14.09.2011; опубл. 12.03.2012, бюл. № 5.
6. *Хо Тхи Ха*. Исследование динамики виброплощадки с электромагнитным приводом: Дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Хо Тхи Ха. – Киев, КИСИ, 1982. – 200 с.

Аннотация. *В статье рассматривается вопрос создания поличастотного режима колебаний рабочего органа електромагнитной ударно-вибрационной установки для уплотнения бетонных смесей. В результате теоретических исследований найден рациональный закон изменения жесткости подвески ударника в пределах одного периода колебаний. Предложена новая конструкция подвески ударника, которая дает возможность реализовывать поличастотный режим движения. Создана лабораторная модель двухмассовой электромагнитной ударно-вибрационной установки с магнитно-подвешенной конструкцией ударника.*

Ключевые слова: ***поличастотный режим колебаний, ударно-вибрационная установка, магнитно-подвешенная конструкция ударника***

Annotation. *The problem to create poliharmonic vibration conditions of work platform electromagnetic vibroimpact machine for concrete compression was described. Rational mathematic equation of suspended impactor springiness within one period of oscillation was determined as a result of theoretical investigation. The new suspended impactor design which gives a possibility to realize poliharmonic vibration conditions was proposed. The laboratory model two-mass electromagnetic shock-vibration machine with magnetically suspended construction of impactor was created.*

Key words: ***poliharmonic vibration conditions, shock-vibration machine, magnetically suspended construction of impactor***

УДК 632.952:631.363.2

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ СИРОВИНИ ДО БІОТЕХНОЛОГІЇ ЕКСТРАКЦІЇ ГРИБНИХ ПОЛІСАХАРИДІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МІКОБІОПРЕПАРАТІВ

В. В. Теслюк, доктор сільськогосподарських наук
В. В. Теслюк, студент
Національний університет біоресурсів і природокористування України
В. М. Барановський, доктор технічних наук
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Анотація. *Вивчено технологічні підходи до механічної обробки сировини, продуктивність дробарки, фракційний склад грибної біомаси та запропоновано змінне решето експериментальної дробарки, яке забезпечує вимоги підготовки грибів до біотехнології екстракції грибних полісахаридів.*

Ключові слова: ***грибна біомаса, гриб, подрібнення, мікобіопрепарат, плодове тіло, фракції, розміри, маса***

Постановка проблеми. Для біотехнології виробництва мікобіопрепаратів запропоновано використання плодових тіл афілофоральних дереворуйнівних грибів. Однією із основних технологічних операцій виробництва мікобіопрепарату є подрібнення плодових тіл зазначених грибів з метою оптимальної підготовки грибної біомаси до екстракції для одержання грибних біополімерів, як основної діючої речовини мікобіопрепарату [1, 3, 4].

Аналіз останніх досліджень. Проведення експериментального дослідження передбачає вивчення процесу подрібнення, з метою визначення режимів роботи подрібнюючого агрегату, діаметру отворів змінних решіт для досягнення оптимального фракційного складу грибної біомаси за максимальної продуктивності дробарки [2]. Основними показниками оптимізації операції подрібнення є продуктивність дробарки при різних отворах змінних решіт та розміри фракцій вихідної біомаси.

Мета досліджень – визначити вплив змінних решіт різного діаметра при подрібненні плодових тіл грибів (Fomes fomentarius *(L. Fr.), Gill.)* на продуктивність та однорідність фракційного складу подрібненої грибної біомаси.

Матеріали і методика досліджень. Дослідні зразки – плодові тіла гриба (Fomes fomentarius *(L. Fr.), Gill.)* зібрані із берези,

© В. В. Теслюк, В. В. Теслюк, В. М. Барановський, 2016

попередньо були висушені в кімнатно-сухих умовах до експлуатаційної вологості 11–15%.

Для обґрунтування технологічної операції процесу подрібнення грибів в пошукових експериментах досліджували дробарки промислового виробництва, які не дали позитивного результату. Найбільш ефективним виявилося застосування дробарки виробництва дослідно-експериментального заводу нестандартного обладнання «дробарка малогабаритна ДМ. 00.00.000 РЭ».

При підготовці грибів до подрібнення плодові тіла розмірами більшими за 200 · 80 · 80 мм розрубували сокирою на дослідні зразки, які вільно проходили через завантажувальну горловину дробарки малогабаритної ДМ. 00.00.000 РЭ. Змінними параметрами дробарки були колібровочні решітки діаметрами 4, 6, 8 мм (рис. 1).

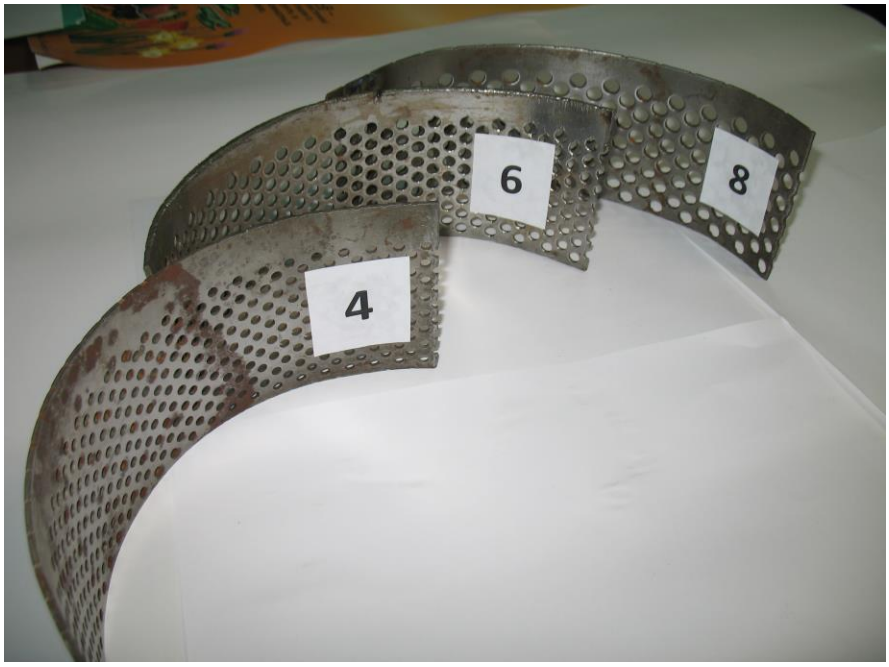


Рис. 1. Загальний вигляд змінних каліброваних решіток: 4 – решето діаметром 4 мм; 6 – решето діаметром 6мм; 8 – решето діаметром 8 мм.

Частота обертання ротора дробарки із закріпленими ножами при встановленій потужності двигуна 3,0 кВт становила 1500 об/хв.

Дослідні зразки плодових тіл грибів (Fomes fomentarius *(L. Fr.), Gill.)* рівномірними порціями завантажували через горловину у завантажувальну камеру. Після пуску машини одночасно із завантаження підготовлених зразків грибів вмикали секундомір. Експериментально були вибрані діапазони продовження процесу подрібнення і по закінченні встановленого часу за масою готової подрібненої біомаси визначали продуктивність подрібнення та візуально встановлювали якість подрібнення.

Результати досліджень. Критерієм оцінки операції подрібнення слугували продуктивність та наявність в подрібненій біомасі неподрібнених частинок трубчастого гемінофору. Зразки подрібненої біомаси зображено на рис. 2.

Рис. 2. Зразок подрібнених плодових тіл грибної біомаси.

Результати експериментальних досліджень продуктивності подрібнення показано в табл. 1.

1. Кількість подрібненої біомаси грибів при різних діаметрах змінних решіт.

№ п/п	Тривалість подрібнення, сек	Маса подрібнених грибів, кг		
		d = 4 мм	*d = 6 мм*	*d = 8 мм*
1	900	1,97	3,60	5,17
4	1800	3,97	7,30	10,37
7	2700	6,00	11,03	15,57
10	3600	8,17	14,77	20,90

Аналіз результатів експериментальних досліджень представлених у таблиці показує продуктивність, якої можна досягти при подрібненні плодових тіл грибів (Fomes fomentarius *(L. Fr.), Gill.)* зібраних із берези і доведених до відповідної вологості. З урахуванням забезпечення максимальної продуктивності подрібнення грибів із використанням експериментальної дробарки одержані результати стали вихідними для визначення впливу розмірів біомаси на максимальне виділення діючої речовини глюканів і меланінів при екстракції грибної біомаси.

Для вивчення фракційного складу проводили дослідження подрібненої грибної біомаси за різного діаметра змінних решіт. Для відбору фракцій брали 100 г грибної наважки На робочому столі візуально відбирали куски плодових тіл розміром більше 3 мм (рис. 3).

Рис. 3. Вивчення дослідних зразків грибної біомаси по фракціях.

Відібрані контроль та варіант зважували на лабораторних вагах і одержаний результат записували в журнал. Результати експериментальних досліджень подрібнення наведено в табл. 2.

2. Співвідношення фракцій грибної біомаси після подрібнення.

№ п/п	Діаметр отворів змінного решета, мм	Маса отриманих фракцій, г		
		до 3 мм	3-6 мм	3-8 мм
1	4	99,23	0,77	0,00
2	6	92,93	7,07	0,00
3	8	67,93	0,00	32,07

Аналіз результатів одержаних експериментальних досліджень свідчить про те, що при застосуванні в дробарці змінного решета діаметром 4 мм частинок розміром понад 3 мм у досліджуваних варіантах мали до 1% обсягу маси дослідного зразка, тоді як при застосуванні змінного решета діаметром 6 мм їхня наявність у загальному обсязі сягала 7,1%. Результати дослідження процесу подрібнення при комплектації дробарки змінним решетом діаметром 8 мм показали, що в дослідному зразку кількість частинок фракції більше 3 мм становить до 32,07% і потребує повторного подрібнення.

Висновок. Порівняльний аналіз застосування змінних решіт діаметрами 4 мм, 6 мм та 8 мм у процесі подрібнення плодових тіл

грибів *(Fomes fomentarius (L. Fr.), Gill.)* зібраних із берези та доведених до вологості 11–15% показує, що при застосуванні решета діаметром 8 мм продуктивність дробарки становить – 20,9 кг/год, а фракційний склад подрібненої біомаси грибів частинок розмірами від 3 до 8 мм складає 32,07, що не значно перевищує технологічні вимоги. Застосування змінного решета з діаметром 6 мм на 23,3% зменшує продуктивність дробарки порівняно із змінним решетом діаметром 8 мм, але фракційний показник наявності неподрібнених частинок розміром більше 3 мм складає менше 5% від загальної подрібненої біомаси. В процесі технологічної операції подрібнення рекомендовано використовувати змінне решето діаметром 6 мм, що підтверджено експериментами екстракції біомаси.

Список літератури

1. *Горовий Л. Ф.* Перспективи застосування біопрепаратів із грибів для захисту рослин та стан їх виробництва / [*Л. Ф. Горовий, І. І. Ревенко, І. І. Кошевський, В. В. Теслюк*] // Механизация производственных процессов рыбного хозяйства, промышленных и аграрных предприятий. – Керчь: КМТИ, 2002. – Вып. 3. – С. 143–146.
2. *Мельников С. В.* Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / *С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин*. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1980. – 168 с.
3. *Ревенко І. І.* Технологічні особливості підходу до подрібнення сировини біофунгіцидів / *І. І. Ревенко, В. В. Теслюк* // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К.: НАУ, 2003. – Вип. 60. – С. 297–300.
4. *Теслюк В. В.* Наукові передумови техніко-технологічного забезпечення процесу виробництва біопрепарату захисту рослин / *В. В. Теслюк* // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – Х., 2001. – Вип. 8, т. 2. – С. 128–131.

Аннотация. *Изучена производительность дробилки, фракционный состав грибной биомассы и обоснованно переменное решето экспериментальной дробилки, которое обеспечивает измельчение грибов.*

Ключевые слова: ***грибная биомасса, гриб, измельчение, микобиопрепарат, плодовое тело, фракции, размеры, масса***

Annotation. *The productivity of crusher, factious composition of mushroom biomassy and grounded variable sieve of experimental crusher, which provides growing of mushrooms shallow is studied.*

Key words: ***mushroom biomassa, mushroom, growing, mikobiopreparat, fruit body, factions, sizes, mass shallow***

УДК 629.631.552

ПОБУДОВА ЕКСПЕРТНОЇ МОДЕЛІ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНИХ КОМПЛЕКСІВ

С. І. Козупиця, кандидат технічних наук

Анотація. *В статті запропонована методика, яка дозволить на практиці вирішувати задачу векторної оптимізації процесу роботи збирально-транспортного комплексу при обмеженій кількості статистичних даних, а також виявити основні взаємозв'язки та закономірності технологічного процесу на збиранні і транспортуванні врожаю.*

Ключові слова: ***експертне моделювання, багатокритеріальна оптимізація, поліноми апроксимації, самоорганізація***

Постановка проблеми. Агропромислове виробництво України характеризується значним потенціалом, який за оцінками експертів може суттєво підвищити її економіку. Використання цього потенціалу має бути ефективним, супроводжуватись сталим розвитком, бути екологічнобезпечним та ресурсовідновним.

Аналіз останніх досліджень. Збирання врожаю зернових культур належить до енерго- і трудомістких процесів, та на нього припадає понад половини експлуатаційних затрат коштів на виробництво зерна. Від раціональної та інженерно-наукової організації роботи збирало-транспортних комплексів суттєво залежить ефективність капіталовкладень в агропромисловий комплекс [4].

При оптимізації складних техніко-економічних систем, яким є збирально-транспортні комплекси, є необхідність побудови математичних моделей, для яких не завжди є достатня кількість експериментально-статичних даних. Це відчутно, коли оптимізацію слід провести по декільком критеріям якості і при цьому вони є протирічні.

Для умови недостатності експериментальних даних пропонуємо скористатись застосування залучення думки експертів, які мають достатній досвід в побудові та експлуатації складних технічних систем досліджувального класу, що дозволить провести моделювання складного збирально-транспортного процесу врожаю.

Дослідження проводимо із застосуванням векторної оптимізації за узагальненими критеріями надійність-вартість. Під надійністю слід розуміти ймовірність знаходження визначених параметрів всіх

© С. І. Козупиця, 2016

елементів збирально-транспортного комплексу в допустимих за умовами ефективності роботи межах.

Застосування експертного моделювання складних в рільничих технологічних системах дасть змогу дослідити закономірності зміни основних функціональних показників при роботі збирально-транспортних комплексів, здійснити їх інженерно-вартісне оцінювання і на цій основі обґрунтувати їх раціональний склад, узгодити сумісні режими роботи окремих агрегатів.

Природно, що на цьому етапі моделювання мова може йти про попередні розрахунки, які орієнтовані на визначення основних факторів, що впливають на надійність та вартість роботи збирально-транспортного комплексу.

Результати досліджень. Для вирішення задачі оптимізації необхідно мати такі відправні дані математичної моделі.

1. Критерії:

$$y_1' = f_1(x);\ \ y_2 = f_2(x),$$

де: y_1' – надійність об'єкта космічної діяльності (критерій, який підлягає максимізації); y_2 – вартість заходів, від яких залежить надійність (критерій, який підлягає мінімізації); f_1 та f_2 – деякі критеріальні функції; $x = \{x_i\}_{i=1}^{n}$ – n -мірний вектор незалежних змінних (аргументи оптимізації).

2. Обмеження по незалежних змінних $x \in X$, де:

$$X = \{x \,|\, x_{i\min} \le x_i \le x_{i\max},\ i \in [1, n]\}.$$

3. Обмеження за критеріями $y \in M$, де M – область визначення вектора критеріїв, $y = \{y_k\}_{k=1}^{S}$ – s-мірний вектор мінімізуючих невід'ємних критеріїв (s = 2). Відзначимо, що в якості єдиного способу екстремізації критеріїв в даній задачі обрана мінімізація. Щоб критерій за характеристикою надійності зробити також мінімізуючим, визначимо $y_1 = 1 - y_1'$ (якщо 100% надійність виражається одиницею). Тоді:

$$M = \{y \,|\, 0 \le y_k \le A_k,\ k \in [1;2]\}.$$

Обмеження $x_{i\,min}$ та $x_{i\,max}$ по аргументам $x \in X$ і $A_к$ за критеріями $y \in M$ задаються, виходячи з фізичних міркувань. Якщо перераховані відправні дані є, то існують всі передумови для оптимізації космічних об'єктів за критеріями надійності та вартості, тобто для визначення компромісно-оптимальних значень параметрів $x^* = \{x^*_i\}_{i=1}^{n}$.

Зважаючи на очевидну суперечливість критеріїв необхідно вдатися до специфічних методів теорії багатокритеріальної (векторної) оптимізації. Якщо використовується спосіб скалярною

згортки, то математично модель вирішення завдання векторної оптимізації представляється у вигляді [2]:

$$x^* = \arg\min_{x \in X} Y[y(x)], \tag{1}$$

де: *Y(y)* – скалярна функція в розумінні скалярної згортки вектора часткових критеріїв, вид якої залежить від обраної схеми компромісів. При цьому потрібно переконатися, що її мінімізація призводить до парето-оптимального рішення: $x^* \in X^K$. У роботах [1, 2] запропонована скалярна згортка з нелінійної схемою компромісів

$$Y[y(x)] = \sum_{k=1}^{s} A_k [A_k - y_k(x)]^{-1}, \tag{2}$$

де: S – розмірність вектора критеріїв. Згортка (2) дає можливість формалізовано отримувати парето-оптимальні рішення, адекватні заданим ситуаціям. При s = 2 модель (1) набуде вигляду:

$$x^* = \arg\min_{x \in X} \left[\frac{A_1}{A_1 - y_1(x)} + \frac{A_2}{A_2 - y_2(x)} \right]. \tag{3}$$

Якісний склад вектора *x* досить різноманітний, і відповідно розмірність *n* цього вектора в загальному випадку велика. Повний облік параметрів *x* привів би до невиправданого ускладнення критеріальних функцій f_1 та f_2 і до надмірних труднощів рішення оптимізаційної задачі. Тому природним є вибір тільки найбільш інформативних параметрів *x* – координат простору, в якому буде здійснюватися оптимізація критеріїв y_1 і y_2, в той час як інші параметри вважаються фіксованими і заданими.

Вибір будемо виконувати за участю експертів. Їх знайомлять з умовами завдання, тобто називають конкретний тип розроблюваного космічного об'єкта (ракета-носій або космічний апарат), описують умови його проектування, виробництва, випробувань та експлуатації. Експерти повинні виявити ті заходи, які, на їхню думку, можуть впливати на надійність і вартість даного космічного об'єкта на різних стадіях життєвого циклу виробу. До них відносяться кратність резервування систем управління (x_1), значення коефіцієнтів запасу по міцності конструкції (x_2) і по потужності енергоджерел (x_3); відносний обсяг вхідного контролю матеріалів і комплектуючих (x_4); підбір технологій виробництва та відносний обсяг контролю їх стабільності (X_5); обсяг проведення контрольно-вибіркових випробувань (x_6); обсяг експериментальної відпрацювання елементів і систем у всіх режимах (x_7); величина матеріального стимулювання персоналу (x_8) і т.д. У результаті спеціальної процедури [1] визначаються адекватний якісний склад і розмірність п вектора незалежних змінних x_1, x_2, ..., x_n критеріальних функцій f_1 (x) та f_2 (x).

Вид критеріальних функцій залежить від відомостей, якими володіє дослідник для побудови моделі. Спектр широкий - від повного знання механізмів явищ (детермінована модель) до повної невизначеності («чорний ящик»). Між цими інформаційними полюсами знаходиться імовірнісний рівень невизначеності. Детерміновану математичну модель *f* (x) будь-якої характеристики об'єкта космічної діяльності розробити важко через складності відбуваються фізичних процесів і реакцій об'єкта на комплекс внутрішніх і зовнішніх факторів.

Розглянемо, наприклад, критеріальну функцію надійності f_1 (x) і апроксимуємо її на безлічі аргументів $x \in X$ деякої наближеної функції F_1 (x, a), відомої з точністю до вектора констант (коефіцієнтів) $a = \{a_j\}^m_{j=1}$.

При виборі виду функції F_1 (x, a) слід мати на увазі [2], що найкращими будуть результати, якщо регресійна модель будується на основі деякої відомої інформації про механізми досліджуваних явищ. Тоді модель є змістовною. При відсутності такої інформації доводиться працювати в класі формальних регресійних моделей і вдаватися до великих обсягів обчислень.

До формальної моделі пред'являються дві суперечливих вимоги. З одного боку, наближає функція повинна бути досить простою, щоб процеси обчислень не опинилися надмірно громіздкими. З іншого боку, апроксимуюча залежність повинна мати достатні прогностичні і точні властивості. У більшості практичних випадків обидва ці вимоги виконуються в класі регресійних поліномів другого порядку [2, 3]:

$$F_1(x, a) = a_0 + \sum_{i=1}^{n} a_i x_i + \sum_{i,\, j=1,\, i<j}^{n} a_{ij} x_i x_j \,, \tag{4}$$

де: a_0, a_1, a_{ij} – коефіцієнти. Функція (4) досить добре адаптується до топографії цільової функції f_1 (x), вона здатна виражати такі особливості, як, наприклад, овражність. На практиці використовуються різні усічення регресійного полінома (4), в основному лінійні наближення.

Визначення коефіцієнтів a може бути виконане як методами інтерполяції, так і методом найменших квадратів (МНК). Інтерполяційні формули передбачають точний збіг наближає і цільової функцій в опорних точках (вузлах інтерполяції), кількість яких N визначається числом невідомих констант a, рівним т. Коефіцієнти a знаходяться рішенням певної системи рівнянь для критерію надійності:

$$F_1(x^{(u)}, a) = f_1(x^{(u)}), \; u \in [1, N = m], \tag{5}$$

де: $x^{(u)}$ – вузли інтерполяції. Передбачається, що значення цільової функції у вузлах апроксимації $f_1(x^{(u)}), u \in [1, N]$ відомі. Але для їх отримання слід звернутися до експертів. Це - ключовий момент у цій роботі, що розглядається нижче. МНК передбачає N опорних точок (вузлів апроксимації), причому число N може бути більше, менше або дорівнює (як окремий випадок) кількістю констант m. Невідомі коефіцієнти наближає функції визначаються з умови.

$$E(a) = \sum_{u=1}^{N} [F_1(x^{(u)}, a) - f_1(x^{(u)})]^2 = \min_a. \tag{6}$$

Використовуючи необхідна умова мінімуму функції, одержуємо звану в теорії МНК систему нормальних рівнянь для критерію надійності [2]:

$$\frac{\partial E(a)}{\partial a_j} = 0, \ j \in [1, m], \tag{7}$$

рішення якої визначає коефіцієнти апроксимуючої функції. Відзначимо, що незалежно від числа обираних опорних точок N система нормальних рівнянь (7) завжди є певною.

Для критерію вартості f_2 (x) справедливі всі вищевикладені міркування, але замість $a = \{a_j\}^m{}_{j=1}$ у вираженні апроксимуючої функції F_2 (x, a) в загальному випадку фігурує інший вектор невідомих констант – $b = \{b_h\}^p{}_{h=1}$.

Специфіка розглянутої задачі полягає в складності отримання значень цільових функцій в опорних точках. Дійсно, навіть для однієї опорної точки, яка відповідає сформованому до теперішнього часу комплексу заходів щодо забезпечення надійності космічного об'єкта даного класу, немає достатньої статистики для впевненої оцінки рівня надійності. Це особливо відноситься до знову розробленим об'єктам, які не мають тривалого періоду експлуатації. І зовсім ілюзорні можливості об'єктивної оцінки надійності для інших точок області існування аргументів оптимізації $x \in X$.

У тих випадках, коли завдання важкоформалізуюче, доводиться вдаватися до методів експертних оцінок. Кваліфікований фахівець (експерт), що має достатній досвід у проектуванні, виробництві та експлуатації об'єктів даного класу, може провести уявний експеримент і представити рівні надійності об'єкта при різних поєднаннях факторів $x \in X$. Таким чином, в основі методу лежить індивідуальна думка (постулат), висловлюване фахівцем-експертом про об'єкт оцінки, виходячи зі свого професійного досвіду. Основним недоліком постулювання є можливість суб'єктивного довільного вибору. Метод обробки експертних оцінок дозволяє зменшити цей недолік. Згідно методу для оцінки деякої кількісної характеристики

використовуються постулати не одного, а кількох осіб, компетентних у даному питанні. Передбачається, що "справжнє" значення невідомої кількісної характеристики знаходиться всередині діапазону оцінок експертів і колективна думка є більш достовірним. В роботі [2] запропонована процедура обробки даних експертних оцінок, в ході якої отримані уточнені агреговані оцінки, а також (як супутній продукт) визначаються коефіцієнти довіри до думку окремих експертів. Застосувавши цей метод до обробки експертних оцінок надійності і вартості в кожній з N вузлових точок області визначення $x \in X$, отримаємо два вектори оцінок (квазіекспериментального дані):

$$\{f_1(x^{(u)})\}_{u=1}^{N}, \ \{f_2(x^{(u)})\}_{u=1}^{N},$$

які служать підставою для визначення векторів констант *a і b* у разі застосування способу інтерполяції або за умовами (6), (7), якщо застосовується МНК. Так визначаються математичні регресійні моделі:

$$y_1' = f_1(x) \approx F_1(x); \ y_2 = f_2(x) \approx F_2(x),$$

які задіяні в оптимізаційній процедурі (3). Оскільки інформація про цільові функціях у вузлових точках області апроксимації отримана не експериментально, а шляхом експертного оцінювання, то і моделі F_1 (x) F_2 (x)називаються експертними регресійній моделі.

Розглянемо проблему вибору способу апроксимації критеріальних функцій в заданих обставинах. При різних усічених регресійного полінома (4) кількість невідомих констант, як правило, перевищує ту кількість N вузлів апроксимації, в яких експерт може досить впевнено дати свою оцінку величини критеріальною функції. Тому, використовуючи спосіб інтерполяції, отримаємо недовизначена систему рівнянь, в якій число рівнянь менше числа невідомих констант. Щоб не допустити цього, слід застосувати метод найменших квадратів, що в математиці розглядається як спосіб вирішення недовизначених, перевизначених і певних (як окремий випадок) систем рівнянь.

Висновок. Запропонована методика дозволить на практиці вирішувати задачу векторної оптимізації процесу роботи збирально-транспортного комплексу при обмеженій кількості статистичних даних, а також виявити основні взаємозв'язки та закономірності технологічного процесу на збиранні і транспортуванні врожаю.

Список літератури

1. *Советов Б. Я.* Моделирование систем: ученик для бакалавров / *Б. Я. Советов, С. А. Яковлев*. – 7-е узд. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 343 с. – Серия: Бакалавр.

2. *Воронин А. Н.* Векторная оптимизация динамических систем / *А. Н. Воронин, Ю. К. Заитдинов, А. И. Козлов*. – К.: Техника, 1999. – 248 с.
3. *Воронин А. Н.* Нелинейная схема компромиссов в многокритериальных задачах оценивания и оптимизации / *А. Н. Воронин* // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – №4. – С. 106–114.
4. *Адамчук В. В.* Планування проектів вирощування культур на основі статистичного імітаційного моделювання: монографія / *В. В. Адамчук, О. В. Сидорчук, П. М. Луб, А. М. Тригуба, Л. Л. Сидорчук, П. В. Шолудько, І. П. Івасюк*. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2014. – 224 с.

Аннотация. *В статье предложена методика, которая позволит на практике решать задачу векторной оптимизации процесса работы уборочно-транспортного комплекса при ограниченном количестве статистических данных, а также выявить основные взаимосвязи и закономерности технологического процесса на уборке и транспортировке урожая.*
Ключевые слова: ***экспертное моделирование, многокритериальная оптимизация, полиномы аппроксимации, самоорганизация***

Annotation. *The paper proposes a method that allows in practice to solve the problem of vector optimization process work harvesting and transport complex with a limited amount of statistical data and to identify the basic relationships and patterns of the process for harvesting and transporting crops.*
Key words: ***expert modeling, multi-criteria optimization, polynomial approximation, self-organization***

УДК: 631.354.2

РЕЗУЛЬТАТИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

С. В. Смолінський, кандидат технічних наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України
С. С. Левчук, інженер
Міністерство аграрної політики та продовольства України
С. О. Маранда, інженер
Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

Анотація. *В статті наведено результати енергетичної оцінки застосування сучасних зернозбиральних комбайнів в залежності*

© С. В. Смолінський, С. С. Левчук, С. О. Маранда, 2016

від обсягів зібраного зерна. Для аналізу були використані показники енергії валового збору врожаю та загальна потужність парку зернозбиральних комбайнів. В результаті проведеного аналізу отримано залежності загальної потужності парку зернозбиральних комбайнів України від величин посівних площ, середньої врожайності та енергії валового збору зернових культур.

Ключові слова: ***зернові культури, валовий збір, зернозбиральний комбайн, потужність, енергомісткість, енергоємність***

Постановка проблеми. Для ефективного збирання зернових культур застосовуються сучасні високопродуктивні зернозбиральні комбайни різних фірм-виробників, які відрізняються як показниками технічної характеристики, так і якістю виконання процесу. Останніми десятиліттями спостерігаються тенденції зростання потужності, пропускної здатності та маси зернозбиральних комбайнів [1, 2, 3, 4]. Так, протягом 1990-2004 років середня потужність двигунів зернозбиральних комбайнів збільшилася з 134,1 до 179,4 кВт, а провідні комбайнобудівні фірми виробляють машини з потужністю двигуна від 80 до 400 кВт [5]. Із зростанням потужності двигуна комбайна збільшуються його маса, витрата пального та інші експлуатаційні показники [3].

Згідно статистичних даних відмічається і щорічне зростання обсягів валового збору зерна [6]. При визначенні рентабельності застосування для відповідних умов певної збиральної машини важливо крім економічної оцінки, яка найбільш поширена в аналітичних дослідженнях, проводити і енергетичну оцінку.

Аналіз останніх досліджень. Питанням аналізу комбайнового парку присвячені роботи В. Кравчука, С. Коваля, Д. Войтюка, А. Демка, О. Надточія та багатьох інших вчених [1, 5, 7]. Дослідниками проведено аналіз парку зернозбиральних комбайнів в Україні за критеріями продуктивності, витрат палива, енергоємності та інших показників. Аналіз впливу пропускної здатності молотарки комбайна на масу машини, потужність двигуна, ширину жатки, об’єм зернового бункера, параметри молотильно-сепарувального пристрою наведені в роботі [8].

Для енергетичної оцінки робочих процесів збирання зернових культур використовуються такі показники, як повна енергоємність процесу, енергомісткість врожаю та витрати енергії на виробництво одиниці продукції. Повна енергоємність визначається як сума витрат енергоносіїв, технологічних матеріалів, технічних засобів тощо на одиницю виробленої продукції [9].

Метою досліджень є на основі аналізу встановити взаємозв’язки між енергетичними показниками комбайнового парку і

основними статистичними показниками вирощування зернових культур.

Результати досліджень. Для енергетичної оцінки комбайнового парку в цілому по Україні використаємо в якості показника загальну потужність парку $N_{\Sigma j}$ (кВт) у j-ому році, що визначимо за формулою:

$$N_{\Sigma j} = \sum m_{pj} \cdot N_p \,, \tag{1}$$

де: m_{pj} – загальна кількість комбайнів марки p, що використовуються у j-ому році, шт.; N_p – потужність двигуна комбайна марки p згідно технічної характеристики, кВт [10].

Внаслідок браку основної статистичної інформації про кількість комбайнів різної потужності, для енергетичної оцінки приймемо в першому наближенні величину загальної потужності парку як добуток загальної кількості комбайнів у j–ому році m_j (шт.) і середньої потужності двигунів комбайнів у цьому ж році N_{CEPj} (кВт):

$$N'_{\Sigma j} = m_j \cdot N_{CEPj} \,. \tag{2}$$

Для визначення середньої потужності комбайнів у j–ому році N_{CEPj} скористаємось [5] методами аналізу та екстраполяції залежності зміни потужності двигунів комбайнів.

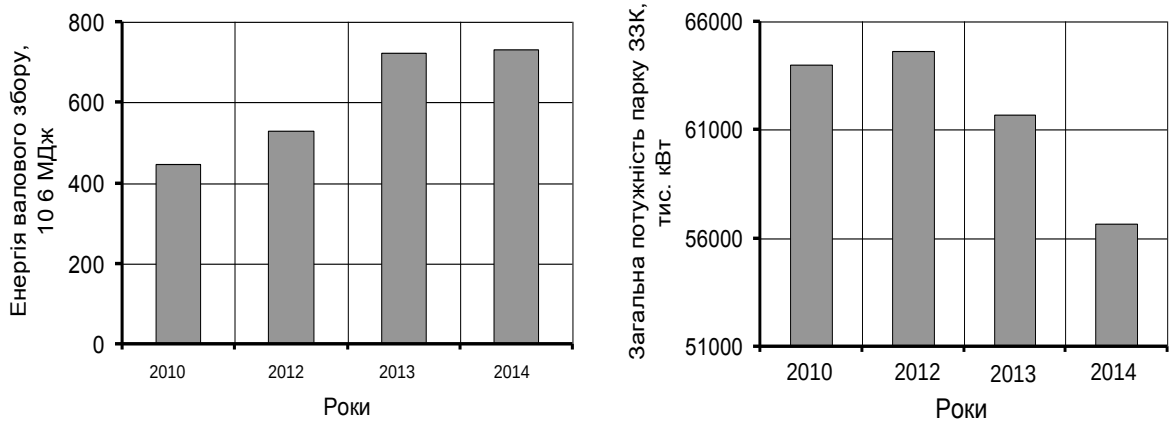
На загальну потужність парку зернозбиральних комбайнів України істотний вплив, згідно робочої гіпотези, матимуть основні статистичні показники вирощування зернових культур: посівна площа, валовий збір та середня урожайність зернових культур. Тому і суть енергетичної оцінки полягатиме у визначенні взаємозв'язку між енергетичними показниками комбайнового парку і основними статистичними показниками вирощування зернових культур

Дані по загальній кількості комбайнів m_j та показниках вирощування зернових культур запозичимо із річних статистичних бюлетенів [6, 11]. При оцінці впливу валового збору зерна на загальну потужність комбайнового парку використаємо енергію валового збору зерна у j-ому році (МДж), що визначатиметься за формулою:

$$E_{\Sigma jk} = \sum_{i=1}^{k} U_{ij} \mu_i \lambda_i \,, \tag{3}$$

де: U_{ij} – валовий збір i-ої культури j-ому році, т; μ_i – калорійність сухої маси зерна i-ої культури МДж/т; λ_i – коефіцієнт переведення

основної речовини в суху масу (для зернових культур приймемо $\lambda_i = 0,86$). Подібна методика визначення енергомісткості врожаю описана в [12].



а) б)

Рис. 1. Діаграми зміни енергії валового збору зернових культур (а) та загальної потужності парку зернозбиральних комбайнів України (б) в 2010-2014 роках.

В результаті проведеного аналізу побудовано діаграми зміни енергії валового збору зернових культур та загальної потужності парку зернозбиральних комбайнів України в 2010-2014 рр. (рис. 1), що свідчить про поступове збільшення першого показника і зменшення другого показника внаслідок зменшення кількості комбайнів із збільшенням їх продуктивності, при цьому річне навантаження на одну машину також поступово зростає.

На величину загальної потужності комбайнового парку істотний вплив також мають величини посівних площ під зерновими культурами (рис. 2, а) і середня урожайність культур (рис. 2, б).

Це пов’язано із щорічним зростанням річного навантаження на один комбайн, а, отже, зменшенням їх кількості на 1000 га посівних площ (від 7 машин в 1996 році до 4 – в 2013 році) і наявність частки застарілої та малоефективної збиральної техніки в загальній кількості комбайнів.

Графічна залежність загальної потужності парку зернозбиральних комбайнів від енергії валового збору зерна доводить існування кореляційного зв’язку між цими показниками (рис. 2, в).

При досягненні деякого значення енергії валового збору зерна подальше його збільшення призводить до зменшення величини загальної потужності парку, а це, в свою чергу, дозволить оптимізувати склад комбайнового парку.

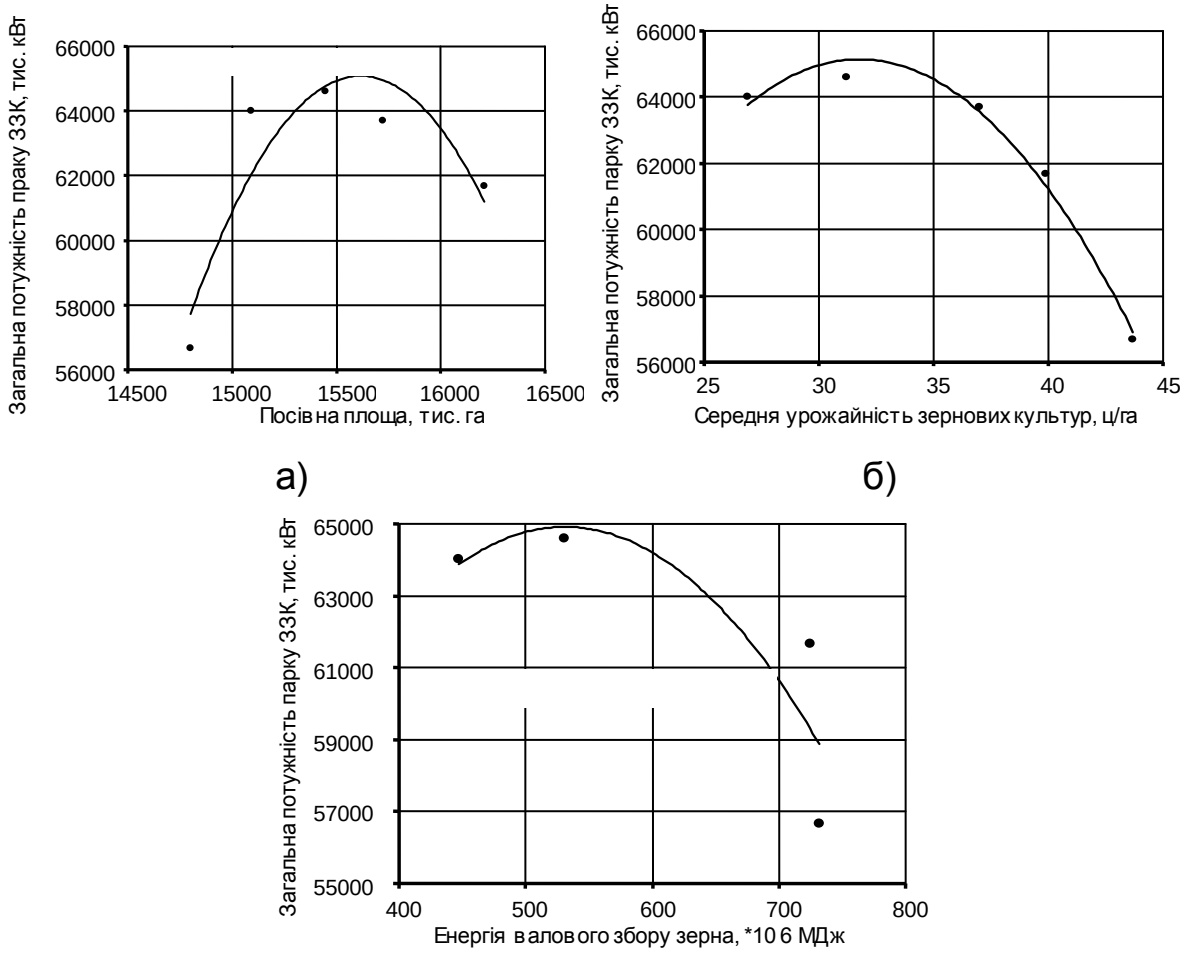


Рис. 2. Залежність загальної потужності парку зернозбиральних комбайнів України в 2010-2014 роках від основних статистичних показників вирощування зернових культур: а) посівної площі; б) середньої урожайності; в) енергії валового збору зерна

Висновок. При аналізі застосування сучасних зернозбиральних комбайнів важливо крім економічних розрахунків виконати енергетичну оцінку процесу шляхом визначення показників енергомісткості і енергоємності. Найбільш доцільно при цьому використовувати показники загальної потужності парку зернозбиральних комбайнів та енергії валового збору зерна, оскільки вони дозволяють більш раціонально враховувати рівень розвитку техніки і її застосування, а також величину зібраного врожаю різних зернових культур.

Список літератури

1. *Кравчук В. І.* Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. *В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Коваля.* – К.: Аграрна наука, 2004. – 396 с.

2. *Радемахер Т.* Тенденции развития рынка зерноуборочной техники / *Т. Радемахер* // Новое сельское хозяйство. – 2006. – №2. – С. 76–82.

3. *Гольтяпин В. Я.* Современные самоходные зерноуборочные комбайны / *В. Я. Гольтяпин* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1997. – №3. – С. 35–40.
4. *Ясенецький В.* Сільськогосподарська техніка на Агро 2015 / *В. Ясенецький, Т. Бабинець, М. Занько* // Техніка і технології АПК. – 2015. – №8. – С. 30–41.
5. *Клочков А. В.* Удельные энергетические показатели зерноуборочных комбйанов для Украины / *А. В. Клочков, С. В. Бутов* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – №6. – С. 19–21.
6. *Рослинництво* України. Статистичний бюлетень. – К., 2015. – 180 с.
7. *Войтюк Д. Г.* Моніторинг комбайнового ринку України (Ч. 1) / *Д. Г. Войтюк, О. В. Надточій, В. Д. Войтюк, А. А. Демко, О. А. Демко* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 4. – С. 192–200.
8. *Gubsch M*. Zu einigen Aspekten in der Mahdrescherentwicklung / *M. Gubsch* // Deutsche Agrartechnik. – 22. Jg. (1972). – Heft 3. – S. 122–125.
9. *Машиновикористання* в землеробстві : підручник / [*В. Ю. Ільченко та ін.*] ; ред. *В. Ю. Ільченко, Ю. П. Нагірний*. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.
10. *Рекламні* проспекти фірм-виробників комбайнів Claas, Messey Fergueson, Case-New Holand, Fendt, Sampo, Deutz-Fahr, John Deere, Laverda, Россельмаш.
11. *Наявність* сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві у 2014 році. Статистичний бюлетень. – К., 2015. – 44 с.
12. *Бузовський С. А.* Інновації в оцінюванні енергетичної ефективності та енергоємності сільськогосподарського виробництва / *С. А. Бузовський, О. Д. Витвицька, В. А. Скрипниченко* // Агроінком. – 2008. – № 7-10. – С. 50–56.

Аннотация. *В статье приведены результаты энергетической оценки применения современных зерноуборочных комбайнов в зависимости от объемов собранного зерна. Для анализа были использованы показатели энергии валового сбора урожая и общая мощность парка зерноуборочных комбайнов. В результате проведенного анализа получены зависимости общей мощности парка зерноуборочных комбайнов Украины от величин посевных площадей, средней урожайности и энергии валовой продукции зерновых культур.*

Ключевые слова: ***зерновые культуры, валовая продукция, зерноуборочный комбайн, мощность, энергосодержание, энергоемкость***

Annotation. *There are analyzed the results of power estimation of application of modern combine harvesters depending on the volumes of the collected grain in the paper. For an analysis it were used the grain-crops yield energy and the harvesters park general power and found the dependences of the general power of harvesters park in Ukraine on the sowing areas, middle yield and the grain-crops yield energy as result.*

Key words: ***grain-crops, gross output, harvester, power, energy yield, energy capacity***

УДК 637.11:631.171

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА В УМОВАХ КООПЕРАТИВУ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ГОСПОДАРСТВ

В. М. Комков, кандидат економічних наук
Сумський національний аграрний університет
В. І. Ребенко, кандидат технічний наук
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. *У роботі наведена методика визначення економічної ефективності впровадження механізації первинної обробки молока у кооперативах індивідуальних господарств. Визначені умові, при яких механізація очищення, охолодження, тимчасового зберігання і реалізації якісного у відповідності з державними стандартами молока, виробленого індивідуальними виробниками, є економічно доцільної. У якості прикладу наведені результати розрахунку питомого річного прибутку процесу первинної обробки молока у залежності від продуктивності корів, концентрації поголів'я у кооперативу і ринкових умов реалізації продукту.*

Ключові слова: ***молоко, первинна обробка, кооператив, якість, ефективність***

Постановка проблеми. При ручному доїнні корів джерелом забруднення молока є шкіра вим'я корів, посуд для зберігання продукту, повітря приміщення. При машинному доїнні додатково молоко забруднюється доїльними стаканами, молочними шлангами, кранами та ін.

Звісно, що бактерицидна фаза зберігання неочищеного і неохолодженого молока складає приблизно дві години. По закінченні цього періоду молоко швидко починає втрачати корисні властивості, зростають кислотність і бактеріальна забрудненість продукту. У зв'язку з цим термін зберігання свіжовидоєного молока без охолодження обмежується 2…3 годинами. В охолодженому стані при температурі 10 °С молоко можна зберігати до 24 годин, при температурі 4 °С цей термін зростає до 36 годин.

Розрахунки показують, що економічна ефективність операції очищення, охолодження і тимчасового зберігання молока у відповідності з параметрів зоотехнічних вимог у значної ступені залежить від об'єму переробленого продукт на тваринницьких підприємствах. Економічний ефект первинної обробки молока

© В. М. Комков, В. І. Ребенко, 2016

складається за рахунок більш високої ціни якісного обробленого молока у зрівнянні з необробленим продуктом. У індивідуальних господарствах, де утримуються одна або декілька корів, економічна ефективність виконання операцій очищення, охолодження та тимчасового зберігання у якісному стані молока є складною проблемою. Виробничі витрати на обробку молока у відповідності з санітарними вимогами складаються не тільки з виконання операцій очищення, охолодження та зберігання молока, охолодження води, але й операцій промивання і дезінфекції обладнання, нагрівання для цього води у потрібної кількості, витрат на миючі розчини, електроенергію, технічне обслуговування, ремонт машин та ін. Тому виникає проблема вибору варіанта реалізації молока.

Простій спосіб – це продаж неякісного продукту з невизначеними властивостями у необробленому вигляді за низькою ціною. Як показує практика такий варіант має випадковий та обмежений попит і з'являється край ризикованим не тільки у економічному сенсі але й у юридичному.

Другий спосіб – це реалізація якісного обробленого продукту у відповідності з санітарними вимогами, що дозволяє реалізувати молоко за значно більш високими договореними цінами з підприємствами по виробництву молочних продуктів. Прийняття такого способу безумовно повинно відповідати державним стандартам, що дає можливість офіційного складання договорів між виробником і споживачем продукції. Тому розглянемо технологію доведення до прийнятих стандартів молока призначеного для реалізації в умовах індивідуального господарства.

Для очищення використовують фільтри періодичної дії з металевою сіткою або лавсановою тканиною, через які молоко проходить за допомогою молочних насосів. Загальні недоліки таких пристроїв – це короткостроковість роботи без зупинки, необхідність частого розбирання для промивання, можливість прориву фільтруючого елемента. За останній час набуває поширення використання фільтрів одноразової дії, які замінюють після кожного певного безперервного періоду обробки молока. Очищення молока також можливе виконувати за допомогою відцентрових очисників, яким не потрібні насоси та заміни фільтруючих елементів. У цих апаратах механічні домішки відкидаються до корпуса барабана під дією відцентрових сил, а очищене молоко піднімається між тарілками вверх і виходить через пристрій відводу продукту. Використання таких очисників також потребує періодичного очищення барабана від бруду.

Найпростіший спосіб охолодження продукту – коли фляги з молоком поміщають в охолоджувальні ванни, на дно яких встановлюють решітки, щоб прискорити циркуляцію води. Більш

досконалий спосіб визначається у використанні проточних пластинчастих охолодників, у яких молоко і охолоджувальний агент (холодна вода, розсіл та ін.) рухаються у односторонньому або протилежному потоці. Використовують також танки для зберігання і охолодження молока.

У зв'язку з цим виникає проблема обґрунтування можливості доведення до вимог державних стандартів товарного молока, виробленого в індивідуальних господарствах, а також визначенні сприятливих умов для досягнення економічного ефекту як для виробника так й підприємства виробу молочних продуктів.

Аналіз останніх досліджень. Для молочних ферм і комплексів виконання операцій по первинної обробці молока безпосередньо після доїння є безумовно необхідною подією. Проблемою у даному випадку залишається лише обґрунтування варіанту технологічної лінії, у якої комплекс машин забезпечує максимальний економічний ефект при його використанні. Склад оптимального комплексу машин залежить багатьох факторів виробництва молока – кількості корів на фермі і їх удою, розміру капітальних вкладень на придбання обладнання, розміру виробничих витрат при експлуатації машин, ціни на молоко та ін.

В умовах індивідуальних господарств, де молоко виробляється як товарний продукт на продаж, виникає додаткова проблема визначення взагалі доцільності первинної обробки молока, яка при впровадження може призвести як до позитивного так і від'ємного економічного результату.

Мета досліджень. Оптимізація умов доцільності впровадження технології, визначення режимів роботи обладнання, умові можливості організації кооперативу для виконання процесу первинної обробки молока, виробленого у індивідуальних господарствах, досягнення належної якості продукту відповідно державних стандартів і отримання при цьому максимальної ціни при реалізації підприємствам по виробу молочних продуктів.

Результати досліджень. Сутність економічного обґрунтування первинної обробки молока відбувається у визначені співвідношення *ціна – якість* обробленого і необробленого продукту. Задача непроста і основна складність визначається взагалі допустимості використання неякісного молока (підвищені механічна і бактеріальна забрудненість, кислотність та ін.) для виготовлення продукту для споживання. Якщо з точки зору санітарно-епідемічних вимог це можливо, то повинні бути відповідні державні стандарти, які допускають використання неякісного молока для виробництва харчових або тільки промислових продуктів. Зрозуміло, що у випадку такої можливості повинно використовувати перевірені технології виробництва.

Методика визначення економічної ефективності первинної обробки молока. Очищення і охолодження молока підвищує його якість і ціну реалізації, але вимагає значних витрат на придбання і використання відповідних машин та обладнання. Тому доцільність впровадження лінії обробки молока повинна бути економічно обґрунтована. Капітальні вкладення, які необхідні для впровадження механізації на пункту первинної обробки молока, визначаються за формулою, грн:

$$H = H_1 + H_2, \quad (1)$$

де: H_1 – капітальні вкладення на придбання, монтаж і налагодження обладнання, грн; H_2 – капітальні вкладення у будівельну частину відділення, грн:

$$H_1 = \sum C_{iM} * k_{iM}, \quad (2)$$

де: C_{iM} – ціна *i*-й машини лінії очищення, охолодження і зберігання молока, грн; k_{iM} – коефіцієнт, що враховує витрати на доставку і монтаж машин.

Використання машин і будівельної частини відділення первинної обробки молока потребує у свою чергу річні виробничі витрати на експлуатацію, грн:

$$S = T * n * q + H_1 * k_1 + H_2 * k_2, \quad (3)$$

де: T – час роботи обладнання протягом року, год; n – число обслуговуючого персоналу, люд.; q – тарифна ставка оплати праці, грн./(люд.×год); k_1 – комплексний коефіцієнт річних витрат на експлуатацію обладнання (електроенергія, амортизація, ремонт і ТО, миючі засоби, обслуговування кредиту та ін.); k_2 – комплексний коефіцієнт річних витрат на експлуатацію будівельної частини (амортизація, поточні витрати, ремонт, обслуговування кредиту та ін.).

Час роботи обладнання протягом року визначається за формулою, год:

$$T = z * (t_1 + t_2), \quad (4)$$

де: z – річна кількість циклів; t_1 – період обробки молока одного циклу, год; t_2 – період промивання апаратури одного циклу, год.

Основний показник, що впливає на економічну доцільність впровадження пункту механізації первинної обробки молока, визначається за формулою:

$$E = m * U * \Delta c - S, \quad (5)$$

де: E – річний економічний ефект впровадження, грн; m – поголів'я корів, що обслуговується кооперативом, гол.; U – середній річний

удій від однієї корови, кг/гол.; Δc – різниця цін реалізації якісно обробленого і необробленого молока, грн/кг; S – річні виробничі витрати відділення первинної обробки молока, грн:

$$\Delta c = c_O - c_H , \quad (6)$$

де: c_O – ціна реалізації якісного молока після первинної обробки, грн/кг; c_H – ціна реалізації необробленого молока, грн/кг.

Важливе значення має також показник річного питомого прибутку процесу обробки молока у розрахунку на одну корову, який визначається за формулою:

$$E_O = \frac{E}{m} , \quad (7)$$

де: E_O – розрахунковий питомий річний прибуток процесу обробки молока, грн/гол.

Результати досліджень. Для прикладу наводяться результати розрахунків річного економічного ефекту технологічної лінії на базі фільтрів одноразової дії, які замінюють після кожного певного безперервного періоду обробки молока і його охолодження в танках для охолодження і зберігання продукту (табл. 1)

1. Розрахунковий питомий річний прибуток процесу обробки молока, грн/гол.

Поголів'я корів, гол.	Різниця цін, грн/кг	Середній річний удій від однієї корови, кг/гол.				
		3000	3500	4000	4500	5000
		Річний питомий прибуток, грн/гол.				
	1,0	-8190	-7915	-7640	-7365	-7090
5	1,5	-6690	-6365	-5640	-5115	-4590
	2,0	-5190	-4415	-3640	-2865	-2090
	1,0	-3270	-2995	-2720	-2445	-2190
10	1,5	-1770	-1245	-720	-195	+330
	2,0	-270	+505	+1280	+2055	+2830
	1,0	-1630	-1355	-1080	-805	-530
15	1,5	-130	+395	+920	+1445	+1979
	2,0	+1370	+2145	+2920	+3695	+4470
	1,0	-810	-535	-260	+15	+290
20	1,5	+690	+1215	+1740	+2265	+2790
	2,0	+2190	+2965	+3740	+4515	+5290
	1,0	-318	-43	+232	+507	+782
25	1,5	+1182	+1707	+2232	+2757	+3282
	2,0	+2682	+3457	+4232	+5007	+5782

Аналіз наведених показників показує, що на величину питомого прибутку у найбільшої ступені впливають таки показники як кількість поголів'я корів у гурту, середній удій від однієї корови, співвідношення цін якісного обробленого і необробленого молока.

Для створення прибуткового бізнесу процесу первинної обробки молока повинні бути певні умови. Впровадження процесу очищення, охолодження і належного зберігання молока, виробленого у індивідуальних господарствах, може бути доцільним у разі вирішення технологічних, економічних і організаційних проблем.

Технологічна проблема визначається необхідністю вирішенні питань сучасного утримання, годування і племінного розведення високопродуктивного гурта у індивідуальних господарствах.. Для низькопродуктивного гурта товарне виробництво молока у будь якої формі недоцільно.

Економічна проблема вимагає необхідність компенсації значних виробничих витрат операцій очищення, охолодження і зберігання молока за рахунок підвищення якості продукту і відповідно ціни його реалізації.

За умові вирішення перших двох умов організаційна проблема може бути вирішена впровадженням відповідних агітаційних заходів і спроможності індивідуальних виробників молока до самоорганізації відповідного кооперативу з метою отримання високоякісного продукту і отримання додаткового прибутку.

Висновки

Доведення до державних стандартів якості молока, виробленого у індивідуальних господарствах, є актуальною проблемою, для вирішення якої необхідні значні капітальні вкладення у механізацію операцій очищення, охолодження і тимчасового зберігання молока.

Результати досліджень показують, що для досягнення позитивного економічного ефекту процесу первинної обробки молока, що виробляється для реалізації у таких підприємствах, необхідні певні умови.

Для впровадження ефективного бізнесу у цієї галузі сільського господарства необхідно вивчення існуючих умов виробництва молока, аналізу можливості організації відповідних робіт, економічного обґрунтування і юридичного оформлення підприємства. Доцільність такого заходу можуть обґрунтувати висококваліфіковані спеціалісти у галузі технології, організації і економіки молочного скотарства.

Список літератури

1. *Ревенко І. І.* Машини та обладнання для тваринництва / *І. І. Ревенко, М. В. Брагинець, В. І. Ребенко.* – К.: Кондор, 2009. – 731 с.
2. *Механізація* та автоматизація у тваринництві і птахівництві / *О. С. Марченко, О. В. Дацишин* та ін. ; за ред. *О. С. Марченка*. – К.: Урожай, 1995. – 416 с.

3. *Механизация* и автоматизация молочных ферм / *В. А. Ясенецкий, Н. П. Мечта, Л. В. Погорелый* и др. – К.: Урожай, 1992. – 392 с.

Аннотация. *В работе приведена методика определения экономической эффективности внедрения механизации первичной обработки молока в кооперативах индивидуальных хозяйств. Определены условии, при которых механизация очистки, охлаждения, временного хранения и реализации качественного в соответствии с государственными стандартами молока, производимого индивидуальными производителями, является экономически целесообразной. В качестве примера приведены результаты расчета удельного годового дохода процесса первичной обработки молока в зависимости от продуктивности коров, концентрации поголовья в кооператива и рыночных условий реализации продукта.*

Ключевые слова: ***молоко, первичная обработка, кооператив, качество, эффективность***

Annotation. *The paper describes a method of determining the economic efficiency of mechanization of primary processing of milk cooperatives in individual farms. Determine the conditions under which the mechanization of cleaning, cooling, temporary storage and the implementation of quality in line with national standards of milk produced by individual manufacturers is cost-effective. As an example, the results of the calculation of the proportion of annual income of the primary processing of milk, depending on the productivity of cows, the concentration of livestock in the cooperative and market conditions for the realization of the product.*

Key words: ***milk, primary processing, cooperative, quality, efficiency***

УДК 629.631.554

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СКЛАДУ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НАПІВЧОВНИКОВОГО РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

С. Г. Фришев, доктор технічних наук

Анотація. *Обґрунтована методика визначення складу збирально-транспортного комплексу для цукрових буряків із застосуванням напівчовникового руху транспортних засобів.*

© С. Г. Фришев, 2016

Ключові слова: ***урожай цукрових буряків, транспортування, автомобільний напівпричіп, продуктивність***

Постановка проблеми. Відомий метод підвищення ефективності збирально-транспортної технології для зернових культур із застосуванням в якості компенсаторів автомобільних напівпричепів (НП) самоскидів під час організації напівчовникового руху транспортних засобів [1–3].

Цей метод набуває практичного застосування в останній час у зв'язку з розробкою і впровадженням у виробництво спеціального тракторного сідельного зчіпного пристрою аналогічного за конструкцією з автомобільним. Поряд із значною перевагою такого метода – підвищенням продуктивності комбайнів за рахунок створення умов для безперервної їх роботи, з'являються умови суттєвого зростання продуктивності транспортних засобів. В зв'язку з певними відмінностями збирально-транспортної технології для зернових культур (для яких такий метод розроблений) і цукрових буряків, важлива розробка методики обґрунтування параметрів збирально-транспортного комплексу (ЗТК) із організацією напівчовникового руху напівпричепів для перевезення цукрових буряків від сучасних комбайнів.

Аналіз останніх досліджень. В якості компенсаторів для перевезення цукрових буряків застосовуються спеціалізовані тракторні причепи-перевантажувачі та різного роду бункери [1–4]. Але спеціалізована техніка має обмежений час щорічного застосування у виробництві, тому її експлуатація призводить до збільшення собівартості продукції. Крім цього не вирішується головне завдання – суттєве підвищення продуктивності АТЗ на перевезенні цукрових буряків.

Ці недоліки ліквідуються при організації перевезень цукрових буряків оборотними напівпричепами-самоскидами із застосуванням напівчовникового їх руху.

Мета досліджень. Підвищення ефективності ЗТК для цукрових буряків шляхом обґрунтування методики визначення його раціонального складу.

Результати досліджень. Певний ефект в роботі технологічного ланцюга ЗТК для цукрових буряків досягається при забезпеченні раціонального складу таких двох його ланок: «бурякозбиральні комбайни (БК) – напівпричіп-самоскид (НП) з трактором, який обладнано спеціальним автоматичним зчіпним сідельним пристроєм», «НП – автомобільний тягач (АТ) з НП».

При цьому виконується наступний технологічний процес. Транспортний агрегат, що містить НП з трактором, обладнаним зчіпним сідельним пристроєм, рухається по полю, під'їжджає до

чергового БК, який має заповнений коренеплодами бункер і завантажується. Місткість кузова НП вибирається рівної місткості бункера БК, або кратної місткості бункера БК, так щоби один – два – три – НП завантажували все коренеплоди з бункера. Після завантаження трактор перевозить НП до краю поля, відчіпляє його та причіпляє порожній НП, який знаходиться там же, і повертається в поле до комбайнів. Завантажений продукцією НП причіпляється до авто тягача (АТ) з сідельним пристроєм, який перевозить буряки на приймальний пункт, розвантажується як самоскид, і повертає НП на край поля.

Ритмічність роботи першої ланки ЗТК: «БК – НП з трактором» визначає її раціональний функціональний режим. Виходячи з основної вимоги поточності для групи комбайнів та НП, маємо:

$$R_1 = I_1, \qquad (1)$$

де: R_1 – ритм роботи групи комбайнів, год; I_1 – інтервал надходження НП до місця взаємодії з технологічною машиною – комбайном, год.

Ритм роботи групи комбайнів ураховує тривалість їх робочого циклу, кількість комбайнів m_K та містить час завантаження бункера – $t_Б$ і холостого ходу t_X, який відноситься до часу завантаження [5]:

$$R_1 = \frac{t_Б + t_X}{m_K} = \frac{1{,}11 t_Б}{m_K}, \text{ год}, \qquad (2)$$

де: $t_Б$ – час заповнення бункера комбайна:

$$t_Б = \frac{\omega_K \cdot d_B}{W_{KP}}, \text{ год.}$$

ω_K – об'єм бункера комбайна, м^3;

d_B – об'ємна маса зерна, т/м^3;

W_{KP} – продуктивність БК за 1 годину основного часу, яка визначається з рівняння:

$$W_{\text{КР}} = 0{,}1 B_P v_P U, \text{ т/год}, \qquad (4)$$

де B_P – робоча ширина захвату БК, м; U – урожайність, т/га; v_P – робоча швидкість руху комбайна, км/год; вона обумовлюється урожайністю коренеплодів [6].

Інтервал надходження НП до місця взаємодії з комбайном знаходиться як [1]:

$$I_1 = \frac{0{,}09 + t_{В-П}}{n_H}, \text{ год}, \qquad (5)$$

де: $t_{В-П}$ середня тривалість перечіпки (відчіплення – причеплення) НП; n_H – кількість НП в ЗТК.

Після підстановки значений з (2) та (5) в (1) одержимо:

$$\frac{1{,}11 t_Б}{m_K} = \frac{0{,}09 + t_{В-П}}{n_H}.$$

Звідси кількість напівпричепів з тракторами, які обслуговують групу комбайнів визначається як:

$$n_H = CEILING \frac{(0,09 + t_{B-П}) m_K W_{KP}}{1,11 \omega_K \cdot d_B}, \text{ од.} \quad (6)$$

Вибір вантажопідйомності НП виконується, виходячи з умови кратності вантажопідйомності кузова НП і бункера ЗК:

$$q_H \geq \frac{q_Б}{n}, \text{ т}, \quad (7)$$

де q_H – номінальна вантажопідйомність обраного НП; $q_Б = \omega_K \cdot d_B$ – маса коренеплодів в бункері; n – ціле, натуральне число: 1, 2, 3…

Друга умова вибору марки НП: місткість ω_H обраного НП повинна бути кратною місткості бункера комбайна:

$$\omega_H \geq \frac{\omega_K}{n}, \text{ м}^3. \quad (8)$$

Виходячи з виразів (7), (8) вибираємо відповідну марку НП.

З урахуванням умови поточності другої ланки, одержимо:

$$R_2 = I_2, \quad (9)$$

де: R_2 – ритм роботи групи НП з тракторами, год; I_2 – інтервал надходження АТ, год.

Ритм роботи групи НП з тракторами визначається як:

$$R_2 = \frac{0,09 + \frac{q_Б}{W_H} + t_{B-П}}{n_H}, \text{ год}, \quad (10)$$

Інтервал надходження АТ:

$$I_2 = \frac{t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВИВ}}{n_{AT}}, \text{ год}, \quad (11)$$

де: $t_{ВИВ}$ – тривалість перебування АТ в пункті розвантаження, яка залежить від рівня механізації і організації робіт; l_{ij} – відстань перевезення коренеплодів з поля (пункту і) в пункт розвантаження (пункт j); n_{AT} – кількість АТ в ЗТК; v_T – середня технічна швидкість АТ на шляху від поля на приймальний пункт.

Після підстановки значень з (10) та (11) в (9) та відповідного перетворення одержимо кількість авто тягачів для перевезення коренеплодів з рівняння:

$$n_{AT} = CEILING \frac{n_H (t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВИВ})}{0,09 + \frac{q_Б}{W_H} + t_{B-П}} \text{ од.}, \quad (11)$$

Загальна кількість НП, які потрібні для роботи ЗТК (рухаються, знаходяться в очікуванні та під навантаженням), визначається за формулою [1, 7]:

$$П = CEILING\ n_{AT}(1+\frac{n_П(t_H+t_{B-П})}{t_{B-П}+\frac{2l_{ij}}{v_T}+t_{ВИВ}})\ \text{од.}, \qquad (12)$$

де: t_H – середня тривалість навантажувальних операцій:

$$t_H = 0,09+\frac{q_Б}{W_H}\ \text{год}, \qquad (13)$$

де: $n_П$ – кількість навантажувальних пунктів в полі, $n_П = n_H$.

Приклад розрахунку. Цукровий буряк збирають три комбайна Ropa Euro Tiger (9 рядний) з місткістю бункера 40 м^3 (25,6 т) і продуктивністю транспортера на вивантаженні буряків з бункера W_H = 720 т/год. Для вивезення коренеплодів від комбайна до краю поля застосовують НП з тракторами. АТ вивозять НП на приймальний пункт. Середня відстань перевезення – 16 км, технічна швидкість автомобіля – 40 км/год, $t_{B-П}$=0,05 год, час перебування автомобіля на приймальному пункті – 0,1 год.

Визначити: кількість напівпричепів з тракторами, які обслуговують групу комбайнів в полі, загальну кількість оборотних НП та кількість авто тягачів.

Рішення. Кількість напівпричепів з тракторами, які обслуговують групу комбайнів визначається як:

$$n_H = CEILING\frac{(0,09+t_{B-П})m_K W_{KP}}{1,11\omega_K \cdot d_B} = CEILING\frac{(0,09+0,05)3\cdot 170}{1,11\cdot 40\cdot 0,64} = 3\ \text{од.}$$

при продуктивності БК за годину робочого (основного) часу:

$$W_{KP} = 0,1\cdot 4,05\cdot 7\cdot 60 = 170\ \text{т/год.}$$

Вибір вантажопідйомності НП виконується з урахуванням $n = 1$ за формулою $q_H \geq \frac{q_Б}{n} = 25,6$ т. Вибираємо напівпричіп ОдАЗ 950-030 (q_H =30 т) з трактором К-703 М(А) із сідельним зчіпним пристроєм.

Кількість авто тягачів МАЗ 64229-027, які працюють з обраним НП для перевезення буряків:

$$n_{AT} = CEILING\frac{n_H(t_{B-П}+\frac{2l_{ij}}{v_T}+t_{ВИВ})}{0,09+\frac{q_Б}{W_H}+t_{B-П}} = CEILING\frac{3(0,05+0,8+0,1)}{0,09+\frac{25,6}{720}+0,05} = 16\ \text{од.},$$

Загальна кількість оборотних НП, які потрібні для роботи ЗТК (рухаються в полі, по дорозі і знаходяться в очікуванні та під навантаженням), визначається за формулою:

$$П = CEILING\ n_{AT}(1+\frac{n_П(t_H+t_{B-П})}{t_{B-П}+\frac{2l_{ij}}{v_T}+t_{ВИВ}}) = CEILING\ 16(1+\frac{3(0,126+0,05)}{0,05+0,8+0,1}) = 25\ \text{од.},$$

де середня тривалість навантажувальних операцій:

$$t_H = 0,09 + \frac{q_Б}{W_H} = 0,09 + \frac{25,6}{720} = 0,126 \text{ год.}$$

Кількість навантажувальних пунктів на маршруті $n_П = n_H$ =3 од.

Висновок. Теоретичний аналіз роботи збирально-транспортного комплексу для цукрових буряків із застосуванням оборотних автомобільних напівпричепів самоскидів дозволив обґрунтувати методику визначення складу комплексу.

Список літератури

1. *Зязев В. А.* Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом / *В. А. Зязев, М. С. Капланович, В. И. Петров*. – М.: Транспорт, 1979. – 253 с.
2. *Капланович М. С*. Справочник по сельскохозяйственным транспортным работам / *М. С. Капланович*. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 315 с.
3. *Воркут А. И.* Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.
4. *Фришев С. Г.* Визначення раціональних параметрів технологічного ланцюга “зернові комбайни – причепи-перевантажувачі – автомобільні транспортні засоби” / *С. Г. Фришев, С. І. Козупиця* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2011. – Вип. 166, ч. 3. – С. 203–211.
5. *Фришев С. Г.* Аналіз пропускної здатності транспортно-технологічного комплексу з без букерними комбайнами / *С. Г. Фришев* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 2. – С. 203–211.
6. *Гречкосій В. Д*. Комплексна механізація буряківництва / *В. Д. Гречкосій*, *М. Я. Дмитришак, Р. В. Шатров* та ін. – К.: ТОВ «Нілан», 2013. – 358 с.
7. *Бурьянов А. И.* Технология, организация и планирование перевозок грузов на сельскохозяйственных предприятиях : монография / А. И. Бурьянов. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010. – 268 с.

Аннотация. *Обоснована методика определения состава уборочно-транспортного комплекса для сахарной свеклы с применением получелночного движения транспортных средств.*

Ключевые слова: ***урожай сахарной свеклы, транспортировка, автомобильный полуприцеп, производительность***

Annotation. *The technique of determination of composition of harvesting and transport complex for a sugar beet with application of semishuttle traffic of trasport facilities is proved.*

Key words: ***sugar beet crop, transportation, automobile semitrailer, semishuttle traffic, productivity***

УДК 631.312:514.18

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ УСТАНОВКИ ГРУНТООБРОБНИХ СФЕРИЧНИХ ДИСКІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

С. Ф. Пилипака, доктор технічних наук
Національний університет біоресурсів і природокористування України
М. Б. Клендій, кандидат технічних наук
ВП НУБіП України „Бережанський агротехнічний інститут”

Анотація. *Складено аналітичну модель установки сферичних дисків в декартовій системі координат із прийнятим рухом агрегату вздовж осі OY. За заданими розмірами дисків і кутами атаки і крену визначається їх положення та смуга обробленого ґрунту. Відповідно до агротехнічних вимог визначаються кути установки та заточки дисків.*

Ключові слова: ***сферичний грунтооброблений диск, напрям руху агрегата, рівняння поверхні диска, кути установки***

Постановка проблеми. Конструктивні параметри диска та кути його установки впливають на технологічний процес роботи агрегату (обертання і кришіння ґрунту, перерізання пожнивних решток, перемішування їх із ґрунтом, ширина захвату диска тощо). Від відстані між дисками, їх конструктивними параметрами та кутами установки залежить форма профілю обробленої смуги ґрунту та висота гребенів. Кожен параметр має певний вплив на перебіг технологічного процесу. Наприклад, збільшення кута атаки веде до покращення перемішування ґрунту з пожнивними рештками, збільшення ширини захвату дисків, проте може знижуватися кутова швидкість обертання за рахунок волочіння диска і, як наслідок, забивання міждискового простору ґрунтом і пожнивними рештками. При вертикально встановлених дисках ґрунт сприймає в основному деформації відриву і зсуву, піднімається на невелику висоту, внаслідок чого недостатньо перемішується із пожнивними рештками. При відхиленні площини леза диска від вертикального напряму на так званий кут крену перемішування покращується, однак до певної межі зростання цього кута. Зміна одного із конструктивних параметрів диска (його діаметра та радіуса сфери) або кутів установки веде до зміни форми профілю оброблюваної смуги. В зв’язку із цим доцільно мати математичну модель поверхні диска із кутами установки, у яку закладені конструктивні та геометричні

© С. Ф. Пилипака, М. Б. Клендій, 2016

параметри і зміна кожного з яких дає можливість наочно визначати як профіль оброблюваної смуги в масштабі, так і оптимізувати положення дисків.

Аналіз останніх досліджень. Проектування і розрахунок дискових ґрунтообробних знарядь ґрунтовно розглянуто в праці [1] та інших, більш ранніх виданнях [2, 3].

Є праці, цілком присвячені розгляду цього питання [4–6].

У працях більш вузького спрямування досліджуються різні аспекти покращення якості обробітку ґрунту такими знаряддями [7–9]. Перспективи подальшого удосконалення дискових та інших ґрунтообробних знарядь розглянуто в праці [10].

Мета досліджень. Розробити аналітичну модель розташування сферичних дисків у просторовій системі координат при заданому русі агрегату вздовж однієї із осей.

Результати досліджень. Опишемо початкове положення сфери параметричними рівняннями, взявши при цьому за вісь обертання координатну вісь *OX*, яка є паралельною до горизонтальної площини, тобто до поверхні поля:

$$\begin{aligned} X_0 &= R\cos u; \\ Y_0 &= R\sin u\sin v; \\ Z_0 &= R\sin u\cos v, \end{aligned} \tag{1}$$

де: v і u – незалежні змінні поверхні, причому v – кут повороту поточної точки сфери навколо осі *OX* вздовж паралелі ($v=0\ldots2\pi$); u – дугова координата цієї точки вздовж меридіана, у якої відлік починається від точки перетину осі *OX* із поверхнею сфери.

Внутрішня поверхня сферичного диска характеризується двома конструктивними параметрами – діаметром D і радіусом сфери R (рис. 1, а), які пов'язані між собою залежністю:

$$D = 2R\sin\sigma, \tag{2}$$

де: σ – половина кута при вершині сектора *AOB* (рис. 1, а).

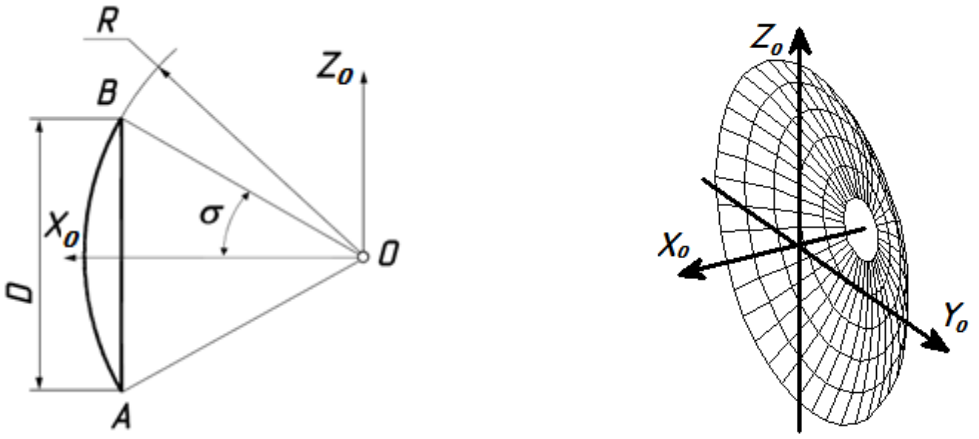
Звідси випливає, що змінна u у рівняннях (1) змінюється в межах $u=0\ldots\sigma$. На рис. 1, б за рівняннями (1) побудовано відсік сфери при $R=0,5$ і $\sigma=36°$.

Початок координат розміщено в центрі кола, яке є периферією диска.

При такому розташуванні диска кут атаки α і кут відхилення від вертикалі β дорівнюють нулю.

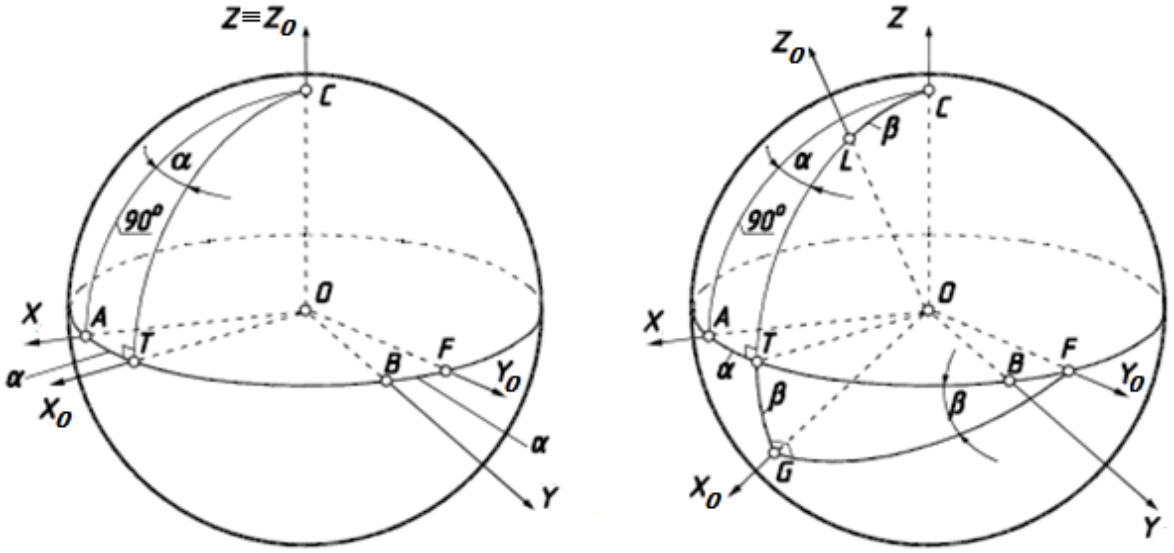
Для орієнтації диска в потрібному положенні потрібно параметричні рівняння (1) змінити таким чином, щоб вони враховували його поворот на задані кути α і β.

Для такого повороту зручно використати сферу одиничного радіуса (рис. 2).



а б

Рис. 1. Схема диска: – а) та його поверхня, побудована за рівняннями (1) – б).



а б

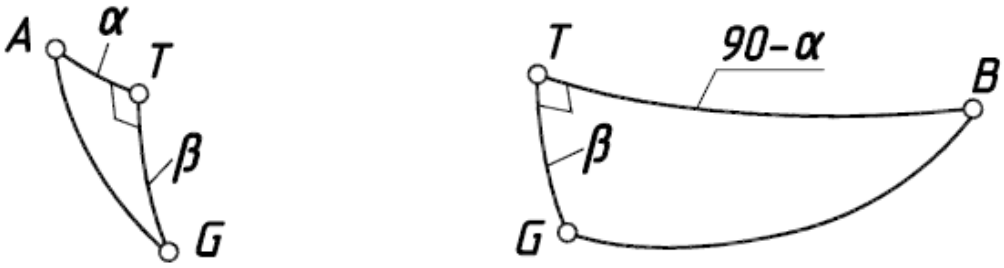
Рис. 2. Сфера одиничного радіуса із послідовністю поворотів системи координат із початкового положення *OXYZ* у кінцеве $OX_0Y_0Z_0$ на кути атаки *α* і крену *β*: а) перший поворот здійснено навколо осі *OZ* на кут атаки *α;* б) другий поворот здійснено навколо осі OY_0 на кут крену *β.*

В початковому положенні площина леза диска розташована у вертикальній площині OY_0Z_0 (рис. 1, б), тобто кути атаки *α* і крену *β* відсутні. Розташуємо нашу систему координат із поверхнею диска в нову систему *OXYZ*, по відношенню до якої будемо робити поворот диска. В початковому положенні їх осі збігаються. Повернемо систему навколо осі *OZ* на кут атаки *α* (рис. 2, а). Після цього утвориться прямокутний сферичний трикутник *CAT* з прямим кутом у вершині *T*, який нам буде потрібен в подальших розрахунках, а система займе нове положення $OX_0Y_0Z_0$, у якої осі проходять через

точки *T, F* і *C* на поверхні сфери. Другий поворот здійснимо навколо осі OY_0 на кут крену *β* (рис. 2, б). При цьому утворюється ще один прямокутний сферичний трикутник *TGF* із прямим кутом у вершині *G*. Система координат із диском займає остаточне положення $OX_0Y_0Z_0$, у якої осі проходять через точки *G, F* і *L* на поверхні сфери.

Наступний етап – спроекціювати повернуту систему $OX_0Y_0Z_0$ разом із поверхнею диска на нерухому систему *OXYZ.* Це зводиться до знаходження проекцій одиничних відрізків O*G*, O*F* і *OL*, що належать осям OX_0, OY_0 і OZ_0 (рис. 2, б), на нерухому систему координат, тобто потрібно кожен із перерахованих відрізків спроекціювати на три осі *OX, OY* і *OZ*. Для цього нам потрібно знати кути, які утворює кожен відрізок з трьома осями. В цьому випадку зручно використати одержані прямокутні сферичні трикутники та формули сферичної тригонометрії.

Проекціювання розпочнемо із відрізка O*G*. Відрізок *OA* на осі *OX*, здійснивши два повороти на кути *α* і *β*, послідовно зайняв положення *OT* і O*G* (рис. 2, б). При цьому утворився сферичний прямокутний трикутник *ATG* з прямим кутом у вершині *T* (гіпотенуза *AG* на рис 2,б не показана). Обовязковою умовою побудови сферичного трикутника є утворення його дугами великих кіл (тобто кіл, утворених перетином сфери площиною, яка проходить через її центр). Для таких трикутників є характерним те, що не тільки вершини, а і сторони вимірюються кутами. Вершина задає двогранний кут між площинами, що проходять через радіус-вектор сфери, а сторона – центральний кут між радіус-векторами. Для знаходження невідомого кута сферичного трикутника за заданими іншими існують відповідні формули [11]. Розглянемо детальніше сферичний прямокутний трикутник, показаний на рис. 3, а.



а б

Рис. 3. Сферичні прямокутні трикутники, утворені послідовним поворотом системи $OX_0Y_0Z_0$ на кути атаки *α* і крену *β* (рис. 2): а) трикутник для визначення кута між осями OX_0 і *OX*; б) трикутник для визначення кута між осями OX_0 і *OY.*

Із нього нам потрібно визначити кут між осями OX_0 і *OX*, якому відповідає дуга *AG* – гіпотенуза прямокутного сферичного трикутника *AGT*. Цей кут визначається за теоремою Піфагора для

прямокутних сферичних трикутників, згідно якої косинус гіпотенузи рівний добутку косинусів катетів. Отже, можна записати:

$$\cos AG = \cos\alpha\cos\beta\ . \qquad (3)$$

Кутові між осями OX_0 і OY (рис. 2, б) відповідає дуга GB сферичного трикутника GBT (рис. 3,б). Застосувавши теорему Піфагора до трикутника GBT, отримаємо:

$$\cos GB = \cos\left(90^0 - \alpha\right)\cos\beta = \sin\alpha\cos\beta\,. \qquad (4)$$

Нарешті, кутові між осями OX_0 і OZ відповідає дуга CG (рис. 2, б), яку можна записати сумою двох дуг: $CG=CT+TG=90^0+\beta$. Звідси визначимо косинус потрібного кута:

$$\cos CG = \cos\left(90^0 + \beta\right) = -\sin\beta\,. \qquad (5)$$

Вирази (3), (4), (5) є напрямними косинусами або проекціями одиничного вектора OG, що належить осі OX_0, на осі нерухомої системи координат. Координата X_0 поточної точки на поверхні диска після його повороту на кути α і β запишеться в проекціях на осі нерухомої системи $OXYZ$ наступним чином:

$$\left\{X_0\cos\alpha\cos\beta;\qquad X_0\sin\alpha\cos\beta;\qquad -X_0\sin\beta\right\}. \qquad (6)$$

Аналогічно можна знайти проекції координат Y_0 і Z_0 точки на поверхні диска (наводимо готовий результат):

$$\left\{-Y_0\sin\alpha;\qquad Y_0\cos\alpha;\qquad 0\right\}. \qquad (7)$$

$$\left\{Z_0\cos\alpha\sin\beta;\qquad Z_0\sin\alpha\sin\beta;\qquad Z_0\cos\beta\right\}. \qquad (8)$$

Сумуючи проекції (6), (7), (8) на відповідні осі нерухомої системи координат $OXYZ$, отримаємо:

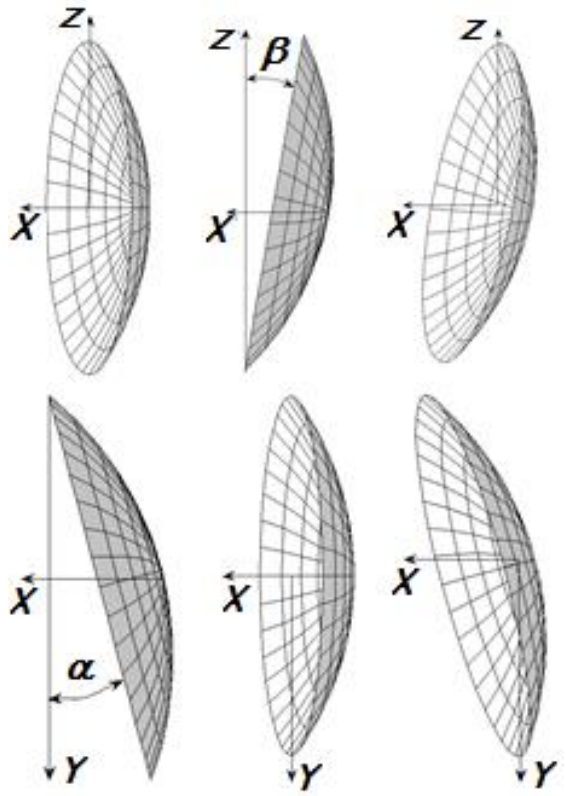
$$\begin{aligned} X &= X_0\cos\alpha\cos\beta - Y_0\sin\alpha + Z_0\cos\alpha\sin\beta;\\ Y &= X_0\sin\alpha\cos\beta + Y_0\cos\alpha + Z_0\sin\alpha\sin\beta;\\ Z &= -X_0\sin\beta + Z_0\cos\beta. \end{aligned} \qquad (9)$$

Підставимо координати (1) поточної точки поверхні диска у (9) і отримаємо параметричні рівняння сегменту сфери, повернутого на кути α і β по відношенню до нерухомої системи координат $OXYZ$:

$$\begin{aligned} X &= R\left(\cos u\cos\alpha\cos\beta - \sin u\sin v\sin\alpha + \sin u\cos v\cos\alpha\sin\beta\right);\\ Y &= R\left(\cos u\sin\alpha\cos\beta + \sin u\sin v\cos\alpha + \sin u\cos v\sin\alpha\sin\beta\right);\\ Z &= R\left(-\cos u\sin\beta + \sin u\cos v\cos\beta\right). \end{aligned} \qquad (10)$$

За рівняннями (10) можна будувати внутрішню (робочу) поверхню диска у вигляді сегменту сфери, повернутого на задані кути α і β. На рис. 4 за рівняннями (10) в проекціях побудовано сегмент, зображений на рис. 1, б, з різними комбінаціями кутів α і β. Для наочності зовнішня (не робоча) поверхня диска показана затемненою. На рис. 5 також у проекціях побудовано групу дисків із заданим інтервалом зміщення вздовж осі OX. Фронтальна проекція дає уявлення про форму поперечного перерізу обробленої смуги

ґрунту та про висоту гребенів у масштабі, оскільки всі побудови здійснюються за заданими чисельними значеннями конструктивних параметрів диска та кутів *α* і *β*.



а б в

Рис. 4. Внутрішня поверхня диска у вигляді сегмента сфери при $R=0,5$ і $\sigma=36^0$: а) $\alpha=15^0$, $\beta=0^0$; б) $\alpha=0^0$, $\beta=10^0$; в) $\alpha=15^0$, $\beta=10^0$.

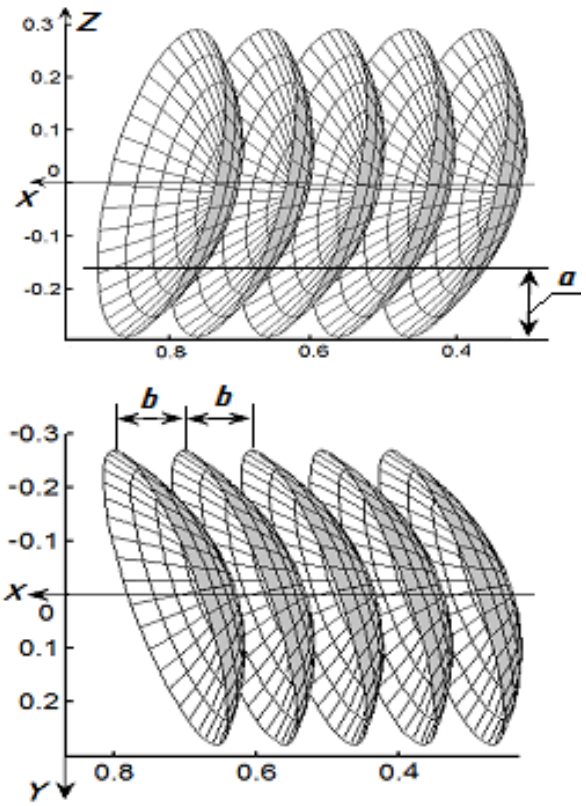


Рис. 5. Розташування дисків при $\alpha=15^0$, $\beta=10^0$ із зміщенням вздовж осі *OX* на величину $b=0,1$.

При такому розташуванні дисків, як показано на рис. 5, знаряддя працюватиме незадовільно. На фронтальній проекції тильну частину диска показано затемненою. Саме вона буде спиратися на грунт, зминатиме його і заважатиме заглибленню диска або ж сприятиме викоченню його на поверхню поля. Тому важливо диски розташувати так, щоб в межах глибини обробітку ***a*** на фронтальній проекції не було тильної частини дисків. При незмінних конструктивних параметрах диска цього можна досягти за рахунок збільшення кута атаки *α*. Наприклад, збільшивши кут атаки з $\alpha=15^0$ *до* $\alpha=25^0$, ми позбуваємося в межах глибини обробітку ***a*** зображення тильної сторони диска на фронтальній проекції (рис. 6), що не заважатиме заглибленню диска в грунт. За рахунок збільшення кута атаки зменшується висота гребенів. Це дозволяє збільшити відстань *b* між дисками. Якщо на рис. 5 $b=0,1$, то після збільшення кута атаки *α* від 15^0 до 25^0 відстань *b* ми збільшили майже в два рази – до 0,18.

На рис. 5 на горизонтальній проекції диски розташовані на лінії, перпендикулярній руху агрегату. Однак їх можна змістити один відносно сусіднього на певну величину вздовж осі *OY*, тобто вздовж напряму руху агрегату. Тоді лінія їхнього розташування утворить певний кут із напрямом руху агрегату, але фронтальна проекція при цьому не зміниться.

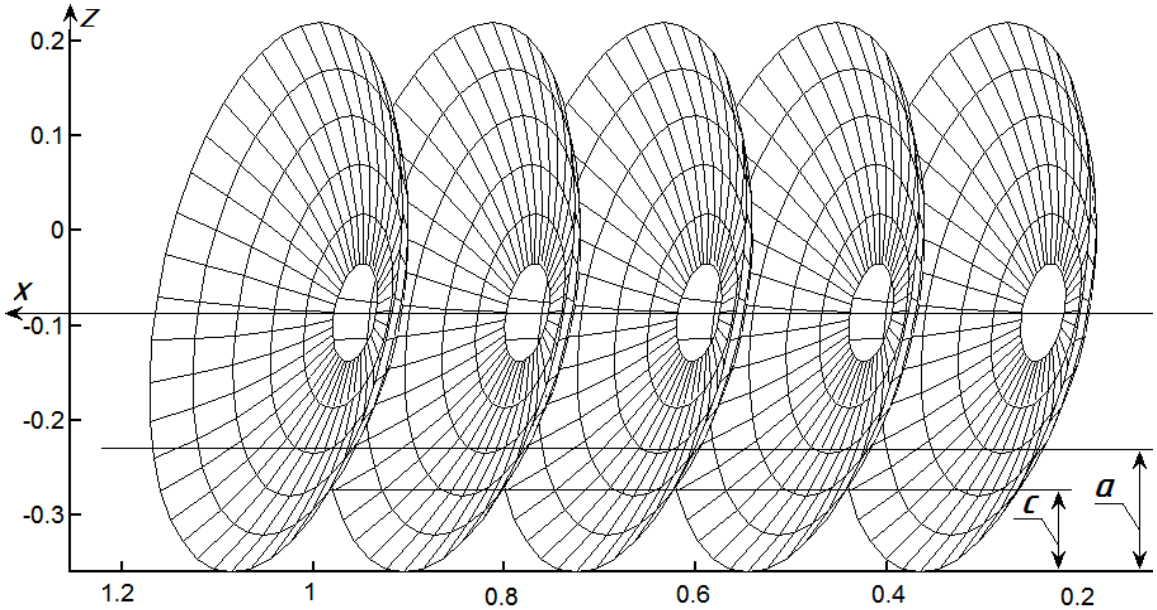


Рис. 6. Фронтальна проекція дисків, установлених під кутами $\alpha=25^0$, $\beta=10^0$ при $b=0,18$.

Рівняння (10) дозволяють аналітично знайти залежність висоти гребенів від конструктивних параметрів дисків та параметрів їх установки. Якщо в них замість змінної u підставити $u=\sigma$, то ці рівняння опишуть крайку диска – коло, яке проекціюється еліпсом. Вершина гребеня визначається точкою перетину двох сусідніх еліпсів на фронтальній площині (рис. 6). Один із них опишеться на фронтальній площині двома рівняннями (10) – верхнім і нижнім при $u=\sigma$. Сусідній еліпс опишеться такими ж рівняннями, причому у верхньому рівнянні потрібно додати величину зміщення b. При перетині двох еліпсів утвориться дві точки (внизу і вгорі), координати X і Z у яких будуть спільними. Спільній точці перетину одного еліпса відповідає певне значення змінної v, наприклад, v_1, а для другого – v_2. Прирівнявши нижні і верхні рівняння, отримаємо систему із двох рівнянь з двома невідомими значеннями v_1 і v_2. Програмний продукт «Mathematica» дає наступний розв'язок (наводимо тільки одне значення, оскільки його буде достатньо):

$$v_1 = \mathrm{Arccos}\left(-\frac{\sqrt{4R^2\sin^2\alpha\sin^2\sigma - b^2}}{2R\sin\alpha\sin\sigma}\right). \qquad (11)$$

Підставивши значення v_1 із (11) у нижнє рівняння (10) при $u=\sigma$, ми отримаємо координату Z точки перетину (вершини гребеня):

$$Z = -R\cos\sigma\sin\beta - \frac{\cos\beta}{2\sin\alpha}\sqrt{4R^2\sin^2\alpha\sin^2\sigma - b^2}\ . \quad (12)$$

Аналітично показано, що самій нижній точці еліпса відповідає значення $v=\pi$. Підстановка цього значення у нижнє рівняння (10) при $u=\sigma$ дає координату Z дна борозни:

$$Z = -R\sin(\beta+\sigma). \quad (13)$$

Різниця координати Z (12) і (13) дає аналітичний вираз висоти c гребеня:

$$c = \frac{\cos\beta}{2\sin\alpha}\left(2R\sin\alpha\sin\sigma - \sqrt{4R^2\sin^2\alpha\sin^2\sigma - b^2}\right). \quad (14)$$

В праці [1] (стор. 243, формула 1.381) наведено вираз для висоти гребеня при вертикальному розташуванні дисків, тобто при $\beta=0$. Якщо в цій формулі замінити діаметр D його виразом із (2), а також врахувати, що наше позначення зміщення між дисками b і в праці [1] узгоджується через кут α, то ми отримаємо результат (14) з одиницею замість cos(β). Це і зрозуміло, оскільки цей частковий результат отримаємо із загального (14) при $\beta=0$. Із (14) можна зробити доповнення до висновків у праці [1], що збільшення кута крену β веде до зменшення висоти гребеня. На наведених рисунках диск представлений поверхнею нульової товщини. Однак реальний диск має певну товщину, тобто він обмежений внутрішньою (робочою) і зовнішньою (неробочою) сферичними поверхнями. Частина об'єму диска між цими поверхнями вилучається, оскільки він має бути заточеним під кутом δ (рис. 7, а). Поверхнею фаски, або поверхнею заточки є конус, у якого твірні нахилені до основи під кутом δ, а основа збігається з кромкою леза.

Зважаючи на те, що радіус основи конуса рівний $D/2$ (рис. 1, а), згідно (2) він становить $R\sin\sigma$. Параметричні рівняння конуса з твірними, нахиленими до основи під кутом δ, запишуться:

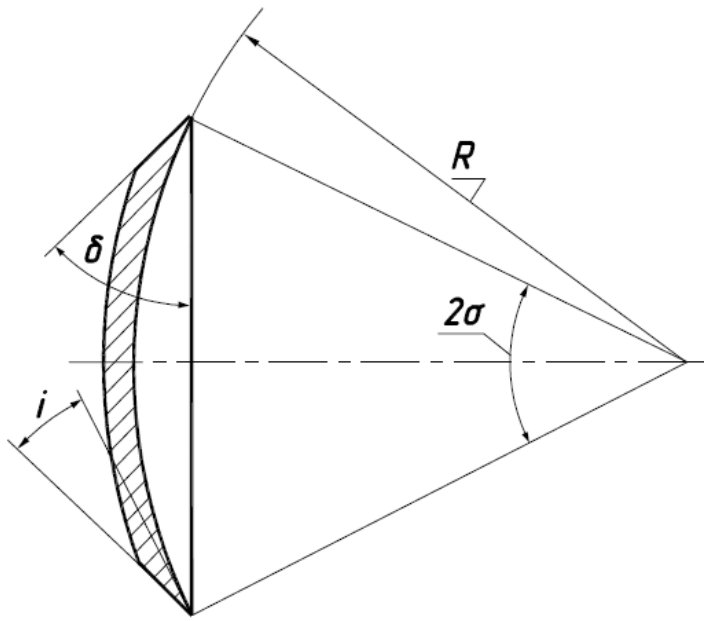
$$\begin{aligned} X_K &= Ru\sin\sigma\,\mathrm{tg}\delta; \\ Y_K &= R\sin\sigma(1-u)\sin v; \\ Z_K &= R\sin\sigma(1-u)\cos v, \end{aligned} \quad (15)$$

де: v і u – незалежні змінні поверхні, причому v – кут повороту поточної точки конуса навколо осі OX ($v=0\ldots2\pi$); u – прямолінійна координата цієї точки вздовж твірної конуса, відлік якої починається від його основи.

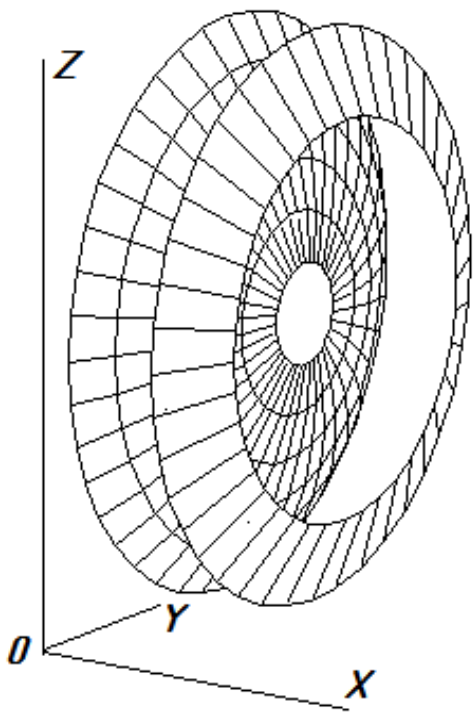
На рис. 7,б побудовано внутрішню поверхню диска і поверхню фаски, причому для наочності вони віддалені одна від другої. На рис. 7,в поверхня фаски спряжена із зовнішньою поверхнею диска,

причому поверхня фаски затемнена. Для установки поверхні фаски в робоче положення необхідно скористатися формулами (9), в які замість рівнянь сфери потрібно підставити рівняння конуса (15):

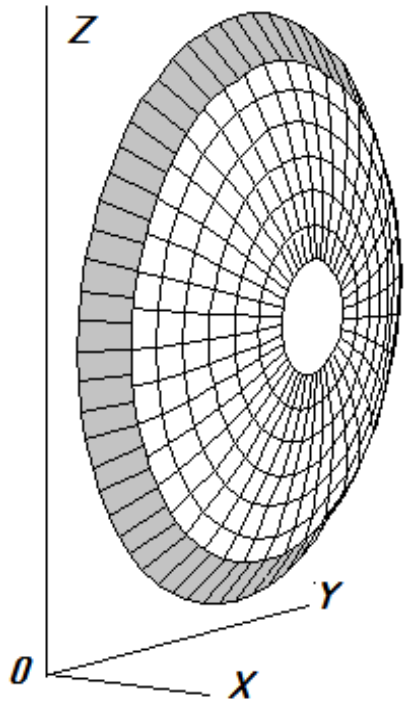
$$\begin{aligned} X &= R\sin\sigma\left[u\mathrm{tg}\delta\cos\alpha\cos\beta-(1-u)\sin v\sin\alpha+(1-u)\cos v\cos\alpha\sin\beta\right]; \\ Y &= R\sin\sigma\left[u\mathrm{tg}\delta\sin\alpha\cos\beta+(1-u)\sin\cos\alpha+(1-u)\cos v\sin\alpha\sin\beta\right]; \\ Z &= R\sin\sigma\left[-u\mathrm{tg}\delta\sin\beta+(1-u)\cos v\cos\beta\right]. \end{aligned} \qquad (16)$$



а)



б)



в)

Рис. 7. До конструювання фаски диска, поверхнею якої є конус з кутом *δ* нахилу твірних до основи.

Робоче положення поверхні фаски необхідно для того, щоб визначити кут заточки δ. Конструктивні параметри диска R, σ і δ та кути його установки перебувають в певній залежності.

З однієї сторони бажано зменшувати діаметр D диска (тобто кут σ) для кращого його входження в ґрунт, також одночасно зменшувати радіус R сфери для кращого перевертання ґрунту і змішування його із рослинними рештками, однак це може призвести до того, що поверхня фаски буде зминати ґрунт і перешкоджатиме зануренню диска.

Щоб цього не відбулося, кут δ заточки потрібно взяти такий, щоб він забезпечував наявність так званого тильного кута в зоні роботи диска, тобто кут δ потрібно брати по можливості найменшим.

Проте його зменшувати можна до певної межі, тому що при цьому зменшується кут загострення i (рис. 7,а), який не може бути менший граничної величини (кут загострення i приймають в межах $12^\circ \ldots 25^\circ$).

Кути α і β установки диска теж впливають на визначення кута δ заточки при заданому тильному куту ($3 \ldots 5^\circ$), який запобігає зминанню ґрунту поверхнею фаски подібно тому, як відбувається зминання ґрунту тильною поверхнею диска при неналежних кутах його установки (рис. 5, фронтальна проекція).

Із-за обмеженого обсягу статті ми закінчуємо її постановкою задачі вибору названих параметрів, яка може бути розв’язана завдяки отриманій математичній моделі робочої поверхні диска та його фаски.

Висновок. Розроблено просторову математичну модель розташування сферичних дисків ґрунтообробних знарядь в декартовій системі координат, у якій вісь OY прийнята за напрям руху агрегату. Такий підхід дає можливість в масштабі отримувати зображення дисків при будь-яких кутах α і β їх установки та візуалізувати профіль поперечного перерізу обробленої смуги. Розрахунок інших параметрів, зокрема висоти гребеня необробленого ґрунту, ведеться на основі цілісної просторової моделі, а не по проекціях із ручним їх виконанням, як це робилося традиційно. Розроблена модель розширює можливості оперативного вибору конструктивних параметрів диска з прив’язкою до кутів його установки.

Список літератури

1. *Заїка П. М.* Теорія сільськогосподарських машин / *П. М. Заїка*. – Т. І (ч. 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Х.: Око, 2001. – 444 с.

2. *Синеоков Г. Н.* Теория и расчет почвообрабатывающих машин / *Г. Н. Синеоков, И. М. Панов*. – М., Машиностроение, 1977. – 311 с.

3. *Турбин Б. Г.* Сельскохозяйственные машины. Теория, конструкция и расчет / *Б. Г. Турбин, А. Б. Лурье, С. М. Григорьев*. – М., Л.: Издательство машиностроительной литературы, 1963. – 306 с.
4. *Стрельбицкий В. Ф.* Дисковые почвообрабатывающие машины / *В. Ф. Стрелбицкий*. – М.: Машиностроение, 1978. – 218 с.
5. *Циммерман М. З.* Рабочие органы почвообрабатывающих машин / *М. З. Циммерман*. – М.: Машиностроение, 1978. – 162 с.
6. *Нартов П. С.* Дисковые почвообрабатывающие орудия / *П. С. Нартов*. – Воронеж: Издательство ВГУ, 1972. – 158 с.
7. *Гриненко О.* Дослідження коливань дискових ґрунтообробних знарядь / *О. Гриненко, С. Лебедєв* // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2011. – Вип. 15 (29). – С. 50–53.
8. *Кириченко А. К.* Оценка качества обработки почвы сферическими дисками с индивидуальной подвеской / *А. К. Кириченко, К. А. Сохт* // Сборник научных трудов «Механизация работ в производстве зерна и селекционном процессе». Краснодарский НИИ сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко. – Краснодар,1985. – С. 18.
9. *Гапоненко О. І.* Програмування рівномірності обробітку дисковими робочими органами на пружних стійках / *О. І. Гапоненко* // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – 2012. – № 11. – Т. 2 (66). – С. 135–141.
10. *Сучасні* тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. *В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Коваля*. – К.: Аграрна наука, 2004. – 396 с.
11. *Вентцель М. К.* Сферическая тригонометрия / *М. К. Вентцель*. – М.: Геодезиздат, 1948. – 154 с.

Аннотация. *Составлено аналитическую модель установки сферических дисков в декартовой системе координат с принятым движением агрегата вдоль оси OY. По заданным размерам дисков и углам атаки и крена определяется их положение и полоса обработанной почвы. В соответствии с агротехническими требованиями определяются углы установки и заточки дисков.*

Ключевые слова: ***сферический почвообрабатывающий диск, направление движения агрегата, уравнения поверхности диска, углы установки***

Annotation. *It is made analytical model of installation of spherical disks in Cartesian coordinate system with the set movement of the unit along axis OY. On the set sizes of disks and angles of attack and rolls their position and a band of the cultivated soil is defined. According to agrotechnical requirements angles of installation and sharpening of disks are defined.*

Key words: ***spherical soil disc, direction of movement of unit, equation disk surface, corners of installation***

УДК 621.436: 534

ТЕОРЕТИЧНІ СПЕКТРИ ВІБРОАКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ЦПГ І ЇХ ЗВ'ЯЗОК З ТРИВАЛІСТЮ УДАРІВ

О. В. Надточій, какндидат технічних наук
Л. Л. Тітова, магістр

Анотація. *Розглянуто класичний та сучасний підходи до ударів в ЦПГ дизелів. Визначено залежності для визначення ширини спектру від тривалості співударяння деталей. Для моделювання використовувався математичний пакет Mathcad 15.*

Ключові слова: ***удар, спектр, амплітуда, баланс енергії, пластичні деформації, ультразвук***

Постановка проблеми. Механічним ударом прийнято називати явище, яке виникає при зіткненні двох тіл і при цьому супроводжується повним або частковим переходом кінетичної енергії тіл в енергію деформації [1]. Компонентами удару є сила та переміщення. Характер же наслідків в значній мірі залежить від умов формування удару в даній кінематичній парі і визначається жорсткістю тіл, які співударяються. Навантаження ж можуть перевищувати розрахункові в 10, 100 і навіть тисячу разів, а механізми при цьому значно швидше зношуються [1]. Баланс енергії, який відповідає положенням класичної механіки (тіла після удару можуть володіти тільки двома видами енергії – кінетичною і енергією пластичних деформацій, якщо вони мають місце. Іншим розходженням у формулах класичної теорії удару є відсутність показника часу. Крім того, за допомогою цих формул неможливо розрахувати силу удару, напруження в тілах, які співударяються, їх переміщення та прискорення. Для визначення ж оптимального частотного діагностичного діапазону необхідно мати значення величини тривалості співудару поршня об гільзу. Тому визначення цих параметрів можливе при умові комбінування методів класичної механіки удару з елементами теорії пружності.

Аналіз останніх досліджень. Аналізуючи вирази балансу енергії при ударі (табл. 1), можна зробити висновок, що основною відмінністю сучасних уявлень стосовно енергетичного балансу при ударі, на відміну від класичної механіки, є уявлення існування в тілі після удару поряд з кінетичною також потенціальної енергії, в той час класична теорія не враховує таку можливість.

Одночасне існування в тілі потенціальної і кінетичної енергії після удару стає можливим завдяки тому, що напруження і

© О. В. Надточій, Л. Л. Тітова, 2016

деформації від місця контакту поширюються по тілу не миттєво, а з деякою кінцевою швидкістю – швидкістю розповсюдження хвилі. В зв'язку з цим та частина тіла яка вже охоплена хвилею напруження, має потенціальну енергію, а та частина, якої хвиля напруження ще не досягла, зберігає початкову кінетичну енергію.

1. Закономірності балансу енергії при ударі.

Класична теорія удару				
Характер ударної взаємодії	Коефіцієнт відновлення	До удару	Під час удару	Після удару
Пружний	k=1	A_0	A_k+A_p	A_1
Пружно-пластичний (не зовсім пружний)	0<k<1	A_0	$A_k+A_p+П$	$A_1+П$
Пластичний	k=0	A_0	$A_k+A_p+П$	$A_1+П$
Сучасне уявлення теорії удару				
Характер ударної взаємодії	До удару	Під час удару	Після удару	
Пружний	A_0	A_k+A_p	A_1	
Пружний	A_0	A_k+A_p	A_1+A_{1p}	
Пружно-пластичний	A_0	$A_k+A_p+П$	$A_1+A_{1p}+П$	
Пружний	A_0	A_k+A_p	A_1+A_{1p}	
Пластичний	A_0	$A_k+П$	$A_1+П$	

В даній табл. 1 прийняті такі умовні позначення: A_0 – сумарна кінетична енергія тіл перед ударом; A_k – сумарна кінетична енергія тіл під час удару; A_p – сумарна потенційна енергія тіл під час удару; *П* – енергія, яка затрачається на пластичні деформації і немеханічні втрати енергії; A_1, A_{1p} – відповідно сумарні кінетична і потенційна енергії тіл після удару.

Подібним чином до моменту закінчення удару, коли ударне навантаження знімається, частина тіла не встигає звільнитися від навантаження, отже і від потенціальної енергії. Ця частина потенціальної енергії, яка залишається в тілі після удару A_{1p} і обумовлює наступний вираз балансу енергії для дійсного пружного удару [1]:

$$A_0 = A_1 + A_{1p}, \tag{1}$$

замість:

$$A_0 = A_1, \tag{2}$$

Результати досліджень. Уяву ударного руху зазвичай пов'язують з одноразовою взаємодією тіл, яка супроводжується вивільненням значної кількості енергії в малому просторі [2]. При цьому вважають, що найменший період власних коливань рівний або більший тривалості ударної взаємодії. Однак такий підхід в деякій мірі звужує можливість загального аналізу і перешкоджає

використанню для цієї мети єдиних співвідношень, оскільки поняття короткочасний є умовним. Тому ми в даній статті будемо розуміти під ударною взаємодією всякий неперіодичний детермінований процес з чітко вираженим початком. При цьому мається на увазі, що до початку ударного процесу, тобто при $t \leq 0$, фізична величина що характеризує рух, рівна нулю або може бути прирівняна нуля, за рахунок відповідного переносу системи координат. В противному випадку рух слід розглядати, як імпульсну вібрацію, в якій дані методи не можуть бути використані.

До ударного руху відносяться і періодичні процеси імпульсного характеру в тому випадку, коли до моменту виникнення наступного імпульсу система, на яку діє удар, повертається в початковий стан.

Хвильову ж швидкість визначають тільки властивості матеріалу тіл, які приймають участь в ударі. При цьому остання на декілька порядків перевищує швидкість зміщення частинок цих тіл. Також відрізняються і частоти хвильових коливань від частот коливання частинок тіл: поздовжніх, крутильних і інших.

При розгляді питань віброакустичного діагностування ми стикаємося з явищем розповсюдження хвиль напружень при ударах в кінематичних парах і при цьому доводиться враховувати закономірності обміну енергією при співударі деталей. Час удару при цьому грає важливу роль. За час удару приймається час, протягом якого зберігається напруження в місці контакту деталей.

За природну одиницю часу, що вимірює тривалість удару, приймається період найбільш повільних коливань тіла. Час удару мало залежить від початкової швидкості тіла і росте із збільшенням мас тіл, які співударяються і податливості (пластичності) місця контакту. Залежність, яка представляє відоме рішення контактної задачі теорії пружності (формула Герца) [1] має вигляд:

$$F_y = k_1 \cdot \alpha^{\frac{3}{2}}, \tag{3}$$

де: k_1 – коефіцієнт пропорційності; α – величина стиснення (зближення).

В нашому випадку, коли контактують дві півсфери (поршень і циліндр) з масами M_1 і M_2 з початковою швидкістю v_0, то:

$$k_1 = \frac{4}{3 \cdot \left[\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right] \cdot \sqrt{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}}, \tag{4}$$

де: μ_1, μ_2 – коефіцієнти Пуассона; E_1, E_2 – модулі пружності матеріалу тіл; R_1, R_2 – радіуси заокруглення місць контакту торцевих поверхонь.

В процесі виготовлення, відновлення, зборки та спрацювання деталей форма поверхонь, які контактують може відрізнятися від заданої. За рахунок послаблення посадок і збільшення зазорів деталі в відносному русі отримують додаткові ступені свободи і їх контактування проходить в декількох точках (подвійний удар). Характер імпульсу і його спектр при цьому змінюється [2].

Основні види коливальних рухів при роботі машини, які викликаються тертям ковзання, гідравлічними коливаннями в змащувальній, паливній, гідравлічній та охолоджувальній системах двигуна, супроводжуються шумами імпульсного, ударного характеру, викликаного перекладкою деталей в зазорах прецесією, а також за рахунок появи додаткових ступенів свободи після спрацювання.

При ударі стержньових систем має місце геометрична дисперсія сутністю якої є залежність фазової швидкості розповсюдження хвилі $a_ф$ від довжини λ_1, що значить зниження швидкості розповсюдження коливань з більшою частотою (високочастотні гармоніки). В результаті по мірі проходження вздовж стержня імпульси малої тривалості при кінці розширяються.

Якщо довжина хвилі $\lambda_1 = a_n \cdot t_{ud} < 2L$, де L – довжина стержня; $a_п$ – швидкість розповсюдження поздовжніх хвиль; t_{ud} – тривалість удару, то крива зміщення торців стержня має ступеневий характер, а крива прискорення вигляд серії затухаючих імпульсів. Якщо $t_{ud} > 2L/a_n$, то окремі імпульси зливаються в періодичний сигнал складної форми. Мінімальна тривалість сигналу, який можна розрізнити визначається залежністю:

$$t_{min} \approx 6.9 \cdot \frac{r_1}{a_n} + 0.014 \cdot \frac{L}{a_n}, \tag{5}$$

де: r_1 – радіус стержня.

Для циліндричних поверхонь, у яких зоною контакту є лінія, зближення визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right) \cdot ln \frac{4}{b_k} \cdot \frac{F_y}{L}, \tag{6}$$

де: b_k – ширина площадки контакту.

Для випукло-ввігнутої поверхні, якою є гільза і поршень ширина контактної площадки b_k визначаємо залежністю:

$$b_k = 2\sqrt{\frac{F_y}{2.71 \cdot L} \cdot \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right) \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 - R_2}}, \tag{7}$$

При цьому частина кінетичної енергії тіла, яке співударяється, переходить в потенціальну енергію пружного стиснення A_p [1].

$$A_p = \int_0^{\alpha_{max}} k_1 \cdot \alpha^{\frac{3}{2}} d\alpha = \frac{2}{5} \cdot k_1 \alpha_{max}^{\frac{5}{2}}, \tag{8}$$

Тоді максимальне стиснення тіл знайдемо за залежністю:

$$\alpha_{max} = \left(\frac{5}{2} \cdot \frac{A_p}{k_1} \right)^{\frac{2}{5}} = \left[\frac{5}{2} \cdot \frac{v_0^{\,2} \cdot M_1 \cdot M_2}{k_1 \cdot (M_1 + M_2)} \right]^{\frac{2}{5}}, \tag{9}$$

І відповідно максимальна сила удару:

$$F_{y_{max}} = k_1 \cdot \alpha_{max}^{\frac{3}{2}} = \left[\frac{5}{2} \cdot \frac{k_1 \cdot v_0^{\,2} \cdot M_1 \cdot M_2}{M_1 + M_2} \right]^{\frac{3}{5}}, \tag{10}$$

Залежність для визначення тривалості удару з врахуванням вищевикладеного матиме вигляд:

$$t_{ud} = \frac{2\sqrt{A_p}}{v_0} \cdot \int_0^{\alpha_{max}} \frac{d\alpha}{\sqrt{A_p - \int_0^{\alpha} k_1 \cdot \alpha^{\frac{3}{2}} d\alpha}} = \frac{2}{v_0} \cdot \int_0^{\alpha_{max}} \frac{d\alpha}{\sqrt{1 - \frac{2}{5} \frac{k_1}{A_p} \alpha^{\frac{5}{2}}}}, \tag{11}$$

Розділивши чисельник і знаменник отриманого виразу на α_{max} та ввівши при цьому допоміжну змінну $z = \alpha / \alpha_{max}$ і замінивши границі інтегрування отримаємо:

$$t_{ud} = 4.2 \cdot \left(\frac{M_1 \cdot M_2}{(M_1 + M_2) \cdot k_1} \right)^{\frac{1}{5}} \cdot \frac{1}{v_0^{\frac{1}{5}}}, \tag{12}$$

Тривалість удару t_{ud} нас цікавить з точки зору його зв'язку з віброакустичним сигналом. Як відомо з літературних джерел [2, 3], зміна часу удару двох тіл впливає на ширину спектру. Із зменшенням її, ширина спектру збільшується і навпаки. Як видно з формули (12) на тривалість удару суттєво впливають пружні властивості матеріалів тіл, радіуси заокруглення і маса деталей і зовсім несуттєво швидкість.

Для однотипних пар деталей можна прийняти незмінність пружних властивостей, тобто μ_i і E_i є const. Однак, якщо провести вимірювання віброакустичного сигналу після виробленням механізмом певного ресурсу, можна помітити зміни в сигналі. В результаті спрацювання змінюються радіуси заокруглення деталей, незначно маса, збільшуються зазори, а відповідно і шлях, який проходить деталь за той же проміжок часу та швидкість співудару. Все це призводить до зменшення тривалості удару, що і є одною із ознак зміни технічного стану пари. Одним із важливих питань у віброакустичній діагностиці є питання вибору інформативної смуги

спектру сигналу і її нормування. Оптимальним є діапазон, в якому найменшій зміні структурного параметру відповідає зміна діагностичного. При цьому не обов'язково, щоб цей діапазон був розміщений в зоні максимуму енергії сигналу, зоні резонансу.

Вібраційний сигнал, що сприймається вібродатчиком, являє собою модульований за амплітудою полігармонійний сигнал. Його амплітуда пропорційна амплітуді ударного імпульсу на вході акустичного каналу. Кожна гармонічна складова має частоту модуляції, яка визначається шириною відповідної смуги прозорості фільтра, і частоту несучої, яка рівна середній частоті тієї ж смуги прозорості [3, 4, 5]

Проведеними дослідженнями, встановлено, що власні коливання віброакустичного каналу найбільш сильно проявляються в діапазоні від 2 до 10 кГц. Однак аналізуючи діаграму можливих ударів двигуна СМД-31А слід відмітити, що на ударний імпульс 3–го циліндра, викликаний перекладкою поршня накладається сигнал закриття випускного клапана 4–го циліндра і навпаки. Аналогічні перешкоди присутні і для інших циліндрів. Очевидно, що сумарна перешкода при збігу моментів співударяння може бути значною, а відношення сигналу до перешкоди надто малим. У зв'язку з останнім можна зробити висновок про неможливість забезпечення достатньої роздільної здатності, не дивлячись на значну енергію вібраційних коливань в активній зоні.

На низьких частотах в активній полосі при великій добротності резонансних систем каналу надто великий час встановлення коливання, що не дозволяє виділяти в чистому вигляді і розділять імпульси. Співудари в двигуні малі за тривалістю, чим обумовлюється широкий спектр (до 150 кГц) вібраційного відгуку. При збільшенні зазорів, зменшується тривалість співударянь, що підвищує інтенсивність високочастотних складових спектру.

Розглянуті вище положення дозволяють зробити висновок, що вирішення завдання вибору частотного діапазону можливе в області вищих частот, які не пов'язані з виявленою активною смугою віброканалу. При цьому доцільно використовувати ультразвуковий діапазон частот за межами області резонансу, де спектр є відносно суцільним. Доводом цієї точки зору є той факт, що відсутнє всяке спотворення, яке властиве структурному резонансу, що дає можливість отримати правдиве уявлення про сили і їх модуляцію. Отже, всі типи несправностей можуть бути представлені в кількісній формі індикаторами як "глибина модуляції" (різниця між рівнем гармонічних коливань і ступенем розповсюдження шуму) і коефіцієнтом гармонік в амплітудному спектрі. Для підтвердження існування співударів в зарезонансній зоні ультразвукового діапазону

були проведені теоретичні розрахунки ширини спектру через тривалість співударянь.

Для розрахунку ширини спектру визначали тривалість співударяння деталей ЦПГ, виходячи із швидкості в момент удару. Дані розрахунку наведені на рис. 1.

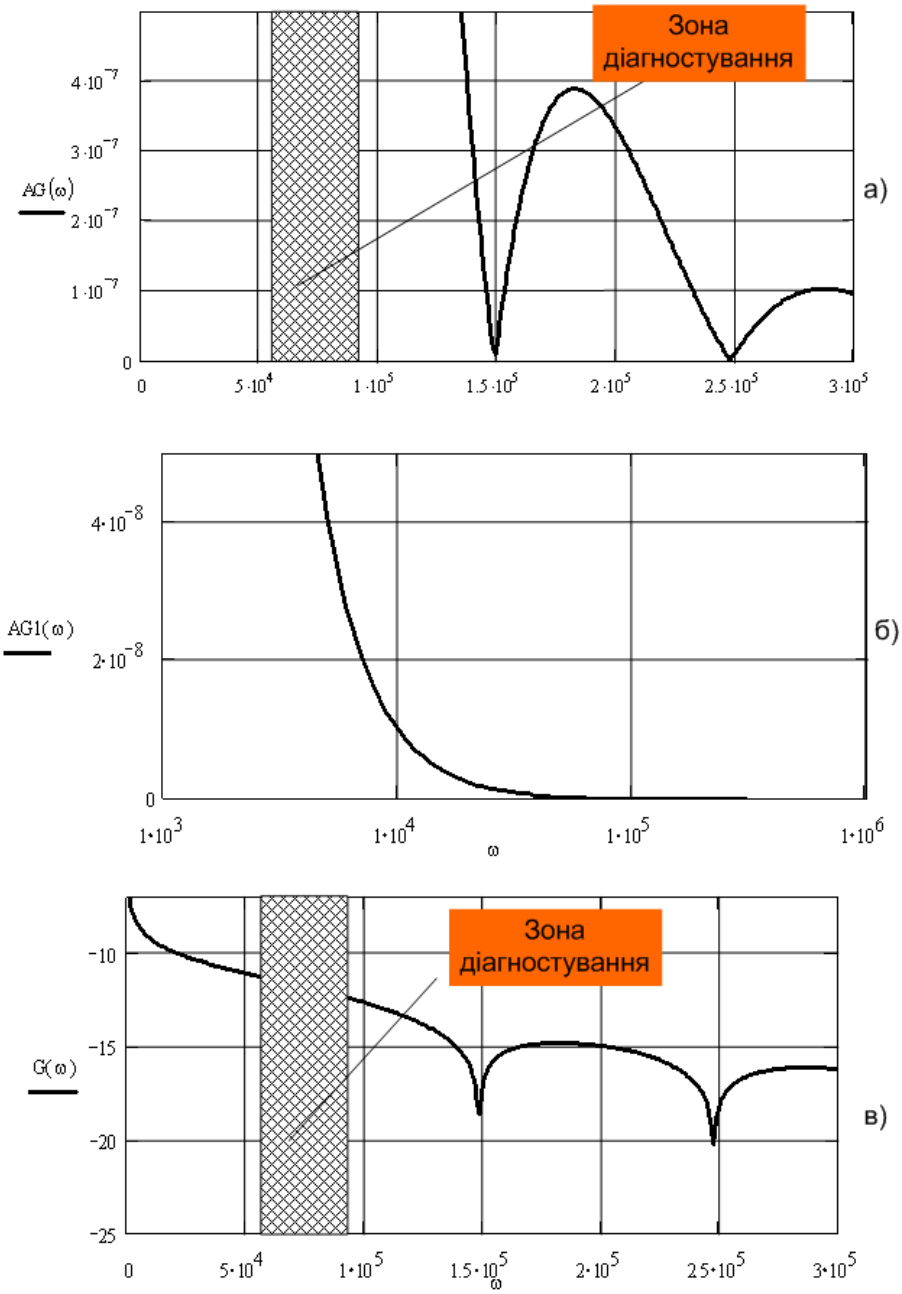


Рис. 1. Графічні залежності теоретичних спектрів: а – амплітудного; б – потужності процесу; в – логарифмічного.

Враховуючи, що діагностування проходить на частоті 1000 хв$^{-1}$, цьому відповідає швидкість від 0,37 до 0,67 м/с, що рівнозначне тривалості співударяння від $8.25 \cdot 10^{-5}$ до $7.25 \cdot 10^{-5}$ був розрахований теоретичний амплітудний спектр *AG(ω)* – (*а*), спектр потужності

процесу *AG1(ω)* – (*б*) та логарифмічний *G(ω)* – (*в*) за залежностями 2.94 та 2.95 (рис. 1).

Рис. 1 показує, що при деякому значенні частоти ω ($1.5 \cdot 10^5$ Гц) спектр імпульсу наближається до нуля. Вважатимемо таку частоту за верхню границю спектру $\omega_в$. При частоті вищій від останньої рівень амплітуди спектру підвищується, а потім знову наближається до нуля, причому ця картина повторюється. Характер форми розрахованих теоретичних спектрів повністю співпадає з теорією викладеною вище.

Висновок. Діагностування на межі верхньої границі спектру в зарезонансній області ультразвукового діапазону за межами резонансу, де спектр є відносно суцільним, дозволив підвищити відношення “сигнал – перешкода”, при цьому в разі переходу до іншої марки двигуна можна уникнути спектрального аналізу цих посилань, а це якоюсь мірою є мірилом універсальність даного методу.

Список літератури

1. *Александров Е. В.* Прикладная теория и расчеты ударных систем / *Е. В. Александров, В. Б. Соколинский*. – М.: Наука, 1969. – 287 с.
2. *Брох Е. Т.* Измерения механических колебаний и ударов / *Е. Т. Брох*. – Лондон: Брюль и Къер, 1973. – 308 с.
3. *Соловьев В. И.* Вибрационная диагностика машин / *В. И. Соловьев*. – М.: Агропромиздат, 1988. – 186 с.
4. *Соловьев В. И.* Исследование и разработка метода диагностики тракторного двигателя по параметрам виброударных импульсов, выделеных в ультразвуковом диапазоне частот : Автореф. дисс... канд. техн. наук / *В. И. Соловьев*. – М.: 1975. – 22 с.
5. *Вибрации* в технике. Справочник в 6-ти томах. т. 5 / Под ред. *М. Д. Генкина*. – М.: Машиностроение, 1981. – 576 с.

Аннотация. *Рассмотрены классический и современный подходы к ударам в ЦПГ дизелей. Определены зависимости для определения ширины спектра, от длительности соударения деталей. Для моделирования использовался математический пакет MathCad 15.*

Ключевые слова: ***удар спектр, амплитуда, баланс энергии, пластические деформации, ультразвук***

Annotation. *Considered classic and contemporary approaches to shocks in CPG diesels. The dependences for determination of the spectral width on the duration spowodowana details. For modelling we used the mathematical package MathCad 15.*

Key words: ***beat spectrum, amplitudes, energy balance, plastyc deformation, ultrasound***

УДК 631.31:634

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЩІТКИ НА СИЛУ ОПОРУ ҐРУНТУ ТА РЕАКЦІЮ ҐРУНТОВОЇ ОСНОВИ ПРИ РОЗКРИТТІ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ МАТОЧНИХ РОСЛИН

А. В. Войтік, В. В. Кравченко, О. С. Пушка,
кандидати технічних наук
Уманський національний університет садівництва

Анотація. *В статті розглянуто технології та технічні засоби для розкриття кореневої системи маточних рослин клонових підщеп. Встановлено, що раціональним варіантом є використання комбінованого пристрою з пасивними відгортачами та активними циліндричними щітками з вертикальними осями обертання і гнучкими робочими елементами. Проаналізовано робочий процес одного прутка ворсу щітки та визначено сили, які на нього діють. Знайдено умову, при якій змітальний елемент щітки буде видаляти часточки ґрунту або субстрату з валка. З використанням еліптичних інтегралів Лежандра визначено реакцію ґрунтової основи на пруток ворсу. На підставі силового аналізу рівнодійної сил опору ґрунту та реакції ґрунтової основи, знайдені графічні залежності рівнодійної від конструктивних та кінематичних параметрів щітки.*

Ключові слова: ***щітка, пруток ворсу, прогин, деформація, коренева голівка, маточна рослина, валок, ґрунт, основа, реакція, опір***

Постановка проблеми. Сьогодні в Україні починає відновлюватися садівнича галузь. Але закладання нових високопродуктивних садів не можливе без якісного посадкового матеріалу, основним джерелом якого є саджанці на клонових підщепах. Виробництво даного виду підщеп є мало механізованим із значним застосуванням ручної праці, що призводить до збільшення вартості матеріалу при одночасному зниженню його якості. Одночасно інтенсифікація садівництва, значне зменшення площі живлення рослин обумовили зростання попиту на посадковий матеріал плодових і ягідних культур, на що вітчизняне розсадництво повинно своєчасно реагувати. Одним з шляхів покращення ситуації є механізація трудомістких процесів під час виробництва клонових підщеп.

Аналіз останніх досліджень. Необхідно відзначити, що сучасне виробництво посадкового матеріалу є складна, трудомістка і найменш механізована підгалузь садівництва. Однією з трудомістких

© А. В. Войтік, В. В. Кравченко, О. С. Пушка, 2016

операцій по виробництву клонових підщеп є розкриття маточних рослин та відокремлення відсадків клонових підщеп. На ці операції затрачається біля 50% від загальних затрат на протязі року [1].

В Україні, а також в світовій практиці садівництва розроблені і застосовуються наступні технології розкриття маточних рослин та відокремлення відсадків клонових підщеп.

Механізований спосіб відокремлення відсадків клонових підщеп полягає в застосуванні машин, робочим органом яких являється один або два диски ножового чи пилкового типу. Інститутом садівництва в 1995-1997 рр. було розроблено машину ОП-1 для відокремлення відсадків клонових підщеп. На машині встановлено сегментний диск з приводом та механізм копіювання мікрорельєфу. Під час проходу машини вздовж рядка підрізаний грунт валка, за рахунок високої частоти обертання диску, розкидається в міжряддя [2]. Недоліком такого типу зрізу, який називається безпідпірним, є пошкодження відсадків маточних рослин за рахунок деформуючої дії на них дискової пилки.

На Кримській дослідній станції розробили відокремлювач відсадків маточних рослин з двома дисковими ножами, які обертаються в протилежних напрямках. Диски мають взаємне перекриття, в зоні якого і відбувається різання. Через відносно невелику частоту обертання дисків ґрунт з валка не виноситься і зріз відбувається на глибині 10-15 см. Такий зріз є підпірним. Недоліком цього способу є те, що диски спричиняють вертикальні деформації, вириваючи та виламуючи відсадки з ґрунту [3].

Останнім часом відбулися зміни в структурі виробництва посадкового матеріалу. Основними виробниками стали невеликі господарства з площею маточних насаджень до 5 га і застосування машинного відокремлення відсадків стало недоцільним через механічне травмування маточних рослин (5-10%), особливо в перші роки використання розсадника. Тому в господарствах відокремлення відсадків виконують в ручну. Цей процес поділяється на два етапи: розкриття маточних рослин та власне відокремлення відсадків.

Засоби розкриття маточників поділяються на два типи – пневматичні та механічні. Основними недоліками даних машин є: пневматичних – зменшення ефективності роботи з підвищенням вологості грунту та спричинення його ерозії; механічних – потреба в застосуванні ручної праці для остаточного відкриття маточника, що призводе до збільшення затрат праці.

Мета досліджень. Через низький рівень механізації в розсадництві, що становить 12–15%, маємо високу собівартість продукції та низьку її якість [4]. Застосування ручної праці для виконання багатьох технологічних процесів з вирощування

посадкового матеріалу негативно впливає на якість робіт та агротехнічні строки їх проведення. Щоб покращити ситуацію в Інституті садівництва розроблено та впроваджено у виробництво спеціальної машини для механізації технологічного процесу відкриття кореневої системи маточних рослин.

Розгортальник РВМ-1 являє собою раму з механізмом начіпки, на якій послідовно встановлені відгортачі у вигляді сферичних дисків та активні щіткові робочі органи з вертикальною віссю обертання, на яких закріплено еластичний ворс. Результати випробувань показали, що дана машина може видаляти близько 90% грунту з валка, при цьому пошкоджуючи до 3% рослин. Але застосування машини потребує все ж додаткової ручної праці для доочищення кореневих голівок маточних рослин. Тому, потрібно вдосконалити щіткові робочі органи з метою підвищення ступеня видалення грунту.

Результати досліджень. Пруток ворса, який має прямокутний поперечний переріз, в процесі його роботи по переміщенню частинок ґрунту можна розглядати як двогранний клин, який формується передньою робочою гранню прутка і нижнім обрізом прутка. Ґрунт, який змітає пруток ворсу, будемо розглядати як суцільне сипке середовище тому, що у валок ґрунт нагортається за три проходи дискового підгортача, при цьому добре розпушуючись, і ущільнюється лише під дією власної ваги.

Однією з основних вимог, що ставляться до операції розкриття кореневої системи є забезпечення змітання грунту або субстрату з валка без пропусків. Кратність впливу ворсу щітки на шар впливає на процес змітання частинок з поверхні покривного валка. При збільшенні кратності впливу відбувається більш ретельне змітання грунту. На рис. 1 показана схема процесу змітання грунту двома гнучкими елементами, що обертаються в одній площині змітання.

Розглядаючи щітки, які мають окремі елементи, необхідно виконання наступної умови: шлях, що проходить елемент при контакті з основою грунтвого валка *S=AD* (рис. 1), повинен бути більше відстані, на яку переміститься машина за період часу між контактами сусідніх елементів з грунтовою основою.

На першій ділянці АВ елемент входить в контакт з грунтовою основою і згинається під дією нормальної реакції *N*. Ця ділянка визначається кутом зустрічі передньої робочої грані прутка ворсу з поверхнею грунтової основи φ_1, який визначає максимальну деформацію ворсу:

$$\varphi_1 = \arccos(1 - \frac{\Delta l}{R_щ}), \qquad (1)$$

де: Δl – величина прогину прутка ворсу, м; $R_щ$ – радіус щітки, м.

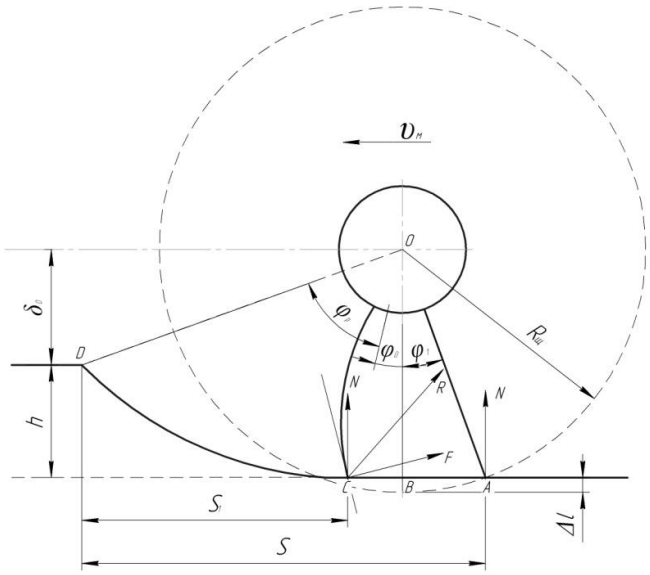


Рис. 1. Схема роботи щітки.

У роботах Гусєва Л.М. [5, 6] встановлено, що ворс щітки виконує свої змітають функції в той момент, коли його кінці, дотичні з поверхнею, складають з нею кут π/2 або близький до нього. В інших випадках ворс ковзає по поверхні і змітання не відбувається, або відбувається дуже неефективно.

Ворс, розташований в області центрального кута φ_1, значно деформований, і кут його зустрічі з поверхнею більше π/2, тобто інтенсивного змітання грунту не відбувається. У межах робочого кута φ_p кінці ворсу займають близьке до нормального положення по відношенню до основи, і змітання відбувається інтенсивно і повністю [7, 8]. Відповідно, контакт прутка ворсу з грунтом буде на деякій ділянці *S*, але виконання корисної роботи по змітанню частинок грунту відбуватиметься лише на ділянці S_1, яка починається після того як щітка повернеться на кут φ_0, що визначає розвантаження елемента. Розглянемо сили, що діють на пруток ворсу під час його роботи. На ділянці АВ відбувається зростання нормальної реакції *N* основи грунту і збільшення прогину прутка ворсу. Після проходження точки В нормальна реакція зменшується і відбувається розвантаження прутка до тих пір, поки кут між робочою гранню прутка і поверхнею грунту не складе 90° в точці С. з цього моменту відбувається виконання корисної роботи по видаленню грунту з валка і на пруток ворсу починає діяти сила опору грунту *F*. Процес видалення грунту триває до точки D і в цей період на пруток ворсу діють дві сили – нормальна реакція грунтової основи *N* та сила опору грунту *F*. Ці сили можна звести до їх результуючої *R*. Силу опору грунту, яка складається з опору грунту деформації, опору на відривання частинок грунту та опору на їх відкидання, можна визначити наступним чином [11]:

$$F = \frac{\pi \upsilon_a}{z}\left(\frac{2\sin\alpha}{\omega}\left(\eta\upsilon + \left([\tau]-c\right)a\right) + \frac{a\upsilon h k_{від}^2 \mu}{\arccos\left(1-\frac{h}{R_щ}\right)}\right). \quad (2)$$

де: υ_a – швидкість руху агрегату, м/с; z – кількість прутків ворсу в одному ряду, шт.; υ – абсолютна швидкість кінця прутка ворсу, м/с; ω – кутова швидкість щітки, рад/с; α – кут повороту щітки, рад; η – коефіцієнт в'язкості ґрунту при зсуві (відношення сил внутрішнього тертя до площі шару при градієнті швидкості рівному одиниці), Н·с/м^2; *([τ]-c)* – нормальний опір ґрунту зсуву, Н/м^2; *a* – ширина шару ґрунту, що відокремлюється і прийнята рівною ширині прутка ворсу, м; *h* – товщина шару ґрунту, який відокремлюється прутком, м; $k_{від}$ – відносний коефіцієнт, що враховує рух частинок ґрунту до і після контакту з прутком ворсу; μ – щільність ґрунту, кг/м^3; $R_щ$ – радіус щітки, м.

Аналізуючи рівняння (2) можна зробити наступні висновки. При збільшенні ω до 20…25 рад/с зменшується подача ґрунту *S*, а тому і сила *F* теж зменшується від 0,48 до 0,24 Н при *z* = 70 шт. Подальше збільшення ω хоча і зменшує подачу, але значно збільшує абсолютну швидкість υ кінця прутка ворсу, що збільшує опір ґрунту відкиданню, а також потребує більшого зусилля для подолання в'язкості ґрунту. Тому існує мінімум функції в межах ω = =17...25 рад/с, коли *F* приймає значення від 0,24 до 0,26 Н.

Силу нормальної реакції грунтової основи можна визначити за наступною формулою:

$$N = \frac{3\Delta l E I}{f l^3}, \quad (3)$$

де: Δl – величина прогину ворсу, м; *l* – початкова довжина прутка ворсу щітки, м; *E* – модуль пружності (для поліпропілену Е=3,2·109 Па), Па; *I* – момент інерції прутка ворсу, м^4; *f* – коефіцієнт тертя прутків ворсу по грунтовій основі (f=0,6).

$$\Delta l = l\left(1-\left(\left(\frac{2}{\beta}\int_{\psi_0}^{\frac{\pi}{2}}\sqrt{1-k^2(\sin(\psi))^2}\,d\psi - 1\right)\sin(\xi_0) + \frac{2}{\beta}k\cos(\psi_0)\cos(\xi_0)\right)\right), \quad (4)$$

де: β – силовий коефіцієнт схожості; *k, ψ* – відповідно модуль і амплітуду еліптичного інтегралу; ζ_0 – кут між напрямком дії сили і віссю недеформованого прутка.

В конструкції розробленої машини РВМ-1 використано щітки радіусом 200 мм з прутками ворсу 140 мм. Довжину прутків ворсу визначено з умови дотримання кута між робочою гранню прутка і поверхнею грунту біля 90°.

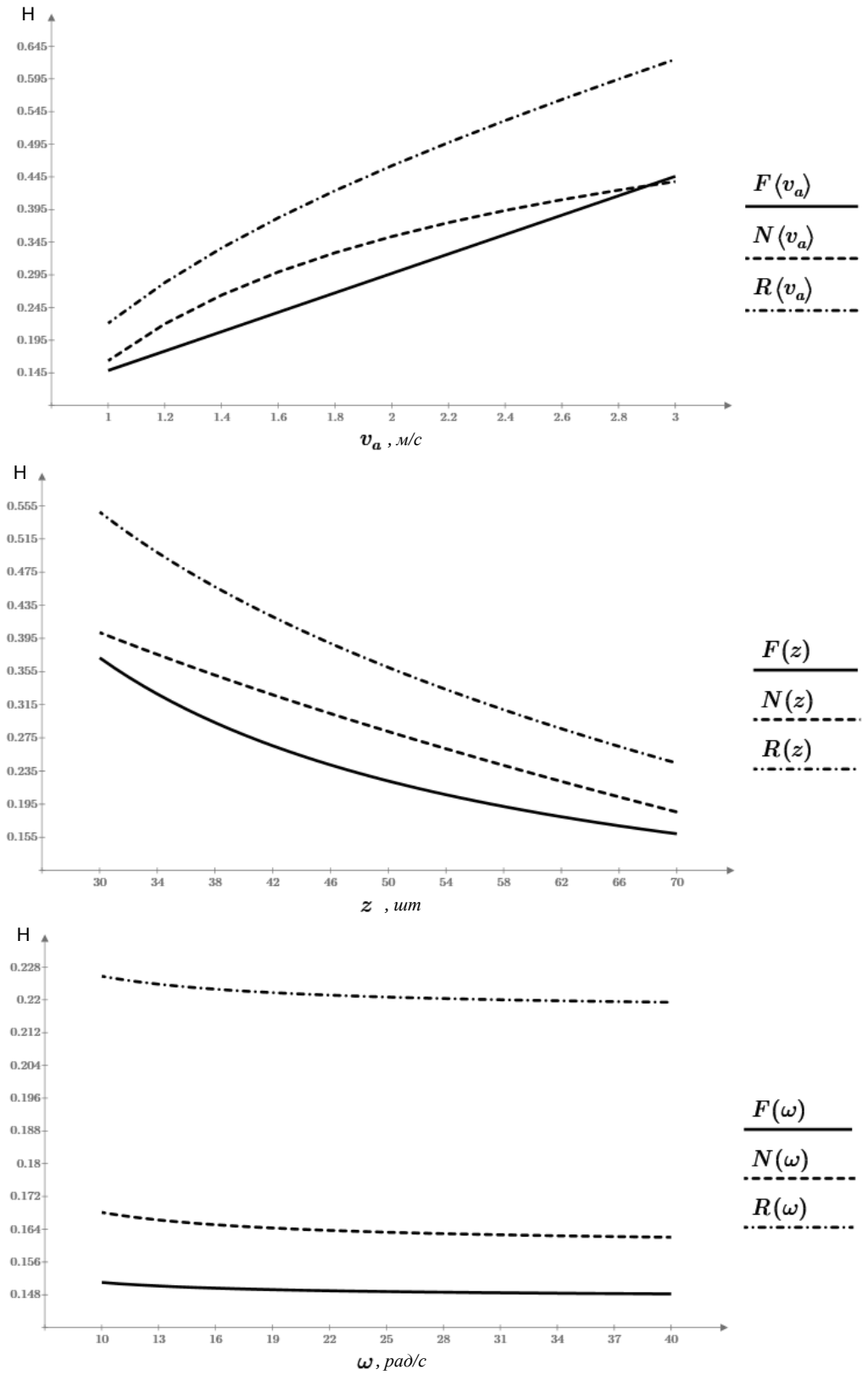


Рис. 2. Залежності сил опору ґрунту, реакції ґрунтової основи та їх результуючої від параметрів щітки.

Для визначення допустимої довжини прутків ворсу було використано метод еліптичних інтегралів Лежандра першого роду

[10, 11] і встановлено, що прутки ворсу з поліпропілену можуть витримати навантаження 0,24-0,6 Н із забезпеченням умови дотримання кута при максимальній довжині 140 мм. За допомогою графічного аналізу було визначено вплив основних кінематичних і конструктивних параметрів щітки на сили опору ґрунту *F* та реакції ґрунтової основи *N*, а також їхню результуючу *R* (рис. 2).

Висновок. Встановлено, що збільшення кількості прутків ворсу зменшує сили опору через зменшення подачі ґрунту на один пруток. Оптимальна кількість прутків ворсу в одному ряді щітки знаходиться в межах 50-70 штук. Аналогічним чином на значення сил впливає і збільшення кутової швидкості щітки. Але необхідно пам'ятати, що значне її збільшення призведе до пошкодження рослин прутками ворсу, тому раціональним є значення кутової швидкості від 25 до 35 рад/с. поступальна швидкість руху зі зростанням призводить до збільшення сил опору, при чому спочатку різко збільшується сила опору ґрунту, а реакція ґрунтової основи зростає в прямій залежності. Тому поступальна швидкість руху агрегату не повинна перевищувати 2 м/с.

Список літератури

1. *Нормативы* затрат на выращивание посадочного материала плодовых и ягодных культур и технологические карты по питомниководству / Гос. агропром. ком. УССР: – Отв. за вып. В.Т. Гонтарь. – К.: 1989. – 94 с.
2. *Каталог* машин и оборудования для механизации работ в плодопитомниках; ВДНХ СССР. – М., 1989. – 101 с.
3. *Довідник* з механізації садівництва / М. О. Бабій, Л. Є. Бабешко, М. О. Демидко та ін. ; За ред. *М. О. Демидка*. – 2-е видання, перероб. і доп. – К.: Урожай, 1992. – 261 с.
4. *Фришев С. Г.* Порівняльна оцінка технологій розкриття та відокремлення відсадків клонових підщеп / *С. Г. Фришев, І. С. Привалов, А. В. Войтік* // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2005. – №80. – С. 62–66.
5. *Гусев Л. М.* Основы теории и расчета машин для подметания городских дорог : Автореф. дисс… докт. техн. наук / *Л. М. Гусев.* – М., 1961. – 48 с.
6. *Гусев Л. М.* Расчет и конструирование подметально-уборочных машин / *Л. М. Гусев*. – М.-Л.: Машгиз, 1963. – 204 с.
7. *Михайлов А. В.* Многофункциональные щеточные торфяные машины / *А. В. Михайлов* // Записки СПбГГИ. – Вып. 157. – СПб., 2004. – С. 42–45.
8. *Мурашов М. В.* Теория и расчет фрезерующих рабочих органов машин для разработки торфяной залежи : Дисс… докт. техн. наук / *М. В. Мурашов*. – Калинин, 1964. – 196 с.
9. *Попов Е. П.* Нелинейные задачи статики тонких стержней / *Е. П. Попов*. – Л.-М.: Гостехиздат. 1948. – 170 с.
10. *Попов Е. П.* Теория и расчёт гибких и упругих стержней / *Е. П. Попов*. – М.: Наука, 1986. – 264 с.
11. *Войтік А. В.* Дослідження форми щіткового робочого органу для розкриття кореневої системи маточних рослин / *А. В. Войтік, М. Г. Гнатюк* // Вісник українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – Мелітополь: Олді-Плюс, 2015. – С. 190–197.

Аннотация. *В статье рассмотрены технологии и технические средства для раскрытия корневой системы маточных растений клоновых подвоев. Установлено, что рациональным вариантом является использование комбинированного устройства с пассивными разокучивателями и активными цилиндрическими щетками с вертикальными осями вращения и гибкими рабочими элементами. Проанализирован рабочий процесс одного прутка ворса щетки и определены силы, которые на него действуют. Найдено условие, при котором сметающий элемент щетки будет удалять частицы почвы или субстрата из валка. С использованием эллиптических интегралов Лежандра определено реакцию грунтового основания на пруток ворса. На основании силового анализа равнодействующей сил сопротивления почвы и реакции почвенной основы, найдены графические зависимости равнодействующей от конструктивных и кинематических параметров щетки.*

Ключевые слова: ***щетка, пруток ворса, прогиб, деформация, корневая головка, маточное растение, валок, почва, основа, реакция, сопротивление***

Annotation. *The paper considers technologies and technical means for the disclosure of the root system of the mother plant clonal rootstocks. Found that the rational option is the use of the combined device with passive disks and active cylindrical brushes with vertical axes of rotation and flexible working elements. Analyzed the workflow of one rod lint brush and determined forces that are not. Found the condition under which the element sweeping brush will remove the particles of soil or substrate from the roll. Using elliptic integrals, Legendre determined the reaction of the subgrade on the rod of the pile. On the basis of the power analysis of the resultant resistance force of soil reaction and soil bases, found graphic dependences of the resultant of the constructive and kinematic parameters of the brush.*

Key words: ***brush, rod pile, deflection, deformation, root head, mother plants, swath, soil, foundation, reaction resistance***

УДК 621.436: 534.833.004

ВИКОРИСТАННЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ВІБРОСИГНАЛІВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПОЯВИ ДЕФЕКТІВ

Л. Л. Тітова, магістр
О. В. Надточій, кандидат технічних наук

Анотація. *Розглянуто використання спектрального аналізу віброакустичного сигналу дизельного двигуна СМД-31А, як елементу адаптивної моделі обробітку вібросигналу з метою постановки однозначного діагнозу. Приведена теоретична діаграма ударів від газорозподільчого механізму, паливної апаратури, ЦПГ по окремих циліндрах двигуна СМД-31А та їх фазова реалізація Для моделювання використовувалися математичні пакети MathCad MatLab.*

Ключові слова: ***вібросигнал, спектр, спектральний аналіз, перетворення Фур'є, амплітудна, коливання***

Постановка проблеми. Віброакустичний метод контролю технічного стану механізмів тракторів і автомобілів та їх силових установок оснований на аналізі пружних коливань, що розповсюджуються по корпусу і деталях, в результаті взаємодії останніх. У зв'язку з цим однією з основних задач цього методу є розподіл сигналів, тобто виявлення віброакустичного сигналу (ВАС) викликаного співударами деталей досліджуваної кінематичної пари.

Аналіз останніх досліджень. В даний час використовується досить широкий спектр методів і засобів діагностування технічного стану основних вузлів і механізмів тракторів в тому числі і ДВЗ. Створені принципово нові системи технічного обслуговування, ремонту та засобів технічного діагностування агрегатів машин. Одним з напрямків в галузі експлуатації машин на сьогоднішній момент лишається завдання підвищення надійності ДВЗ, шляхом комплексної оцінки стану вузлів на основі тимчасового збору діагностичних параметрів [1, 5].

Можливість виявлення несправностей на початкових стадіях їх виникнення при відносно невеликих трудових і матеріальних затратах визначають перспективність діагностування ДВЗ саме за сигналами вібрації. Забезпечення прогнозованої надійності висновків, стосовно стану механізмів і систем, при цьому може бути досягнуто використанням статистичної оцінки відповідності часових частотних фрагментів віброакустичних сигналів та їх відповідності

© Л. Л. Тітова, О. В. Надточій, 2016

частоті обертання колінчатого валу. Використання сучасних компактних вимірювальних модулів з низькими енергозатратами забезпечує можливість проектування і виготовлення діагностуючих приладів в мобільному виконанні, для встановлення безпосередньо на засіб при проведенні випробувань. Таким чином дослідження, направлені на розробку методики діагностування механізмів і систем, що базується на оцінці віброакустичних сигналів, що формуються в корпусі ДВЗ в процесі роботи, як методу контролю є досить актуальним для сільського господарства.

Результати досліджень. Рухомі деталі машин в місцях контакту один з одним генерують коливання і звуки. При цьому поверхня любих деталей не може бути абсолютно рівною і гладкою. Шорсткість поверхні і є однією з причин виникнення вібрацій при вузькому локальному контакті двох тертьових поверхонь, які взаємно переміщаються. Тут може бути сухе тертя ковзання чи кочення, а також гідродинамічне тертя, коли тертьові поверхні розділені шаром масла, чи іншої змащувальної рідини.

Вібрації корпусу ДВС мають складний характер (рис. 1), обумовлені багато імпульсним збудженням і багатоканальним поширенням коливань, а також наявністю неконтрольованого «шуму». Тому при віброакустичному діагностуванні ДВЗ складним завданням є поділ сигналів і виділення сигналу від з'єднання, яке діагностується [4].

Однією з основних задач віброакустичного методу є розподіл сигналів, тобто виявлення віброакустичного сигналу (ВАС) викликаного співударами деталей досліджуваної кінематичної пари.

Складність цього завдання полягає в тому, що збільшення числа циліндрів веде до підвищення густоти віброімпульсів на одиницю фазового простору (цикл роботи ДВЗ по куту повороту колінчастого валу). Так, у двигуна СМД-31А, фазовий простір тільки від газорозподільчого механізму заповнений віброімпульсами так (рис. 2), що однозначно визначити технічний стан *i*-го з’єднання цього механізму за одним параметром неможливо. Для підвищення достовірності діагностування необхідна оцінка декількох діагностичних параметрів.

За характером віброакустичний сигнал механізмів ДВЗ має складну структуру, яка залежить від динаміки механізму і набору комплектуючих його вузлів.

Аналіз літературних джерел [5] дозволив визначитися з параметрами встановлення датчика вібрації (місце і спосіб закріплення). Вибиралися наступні способи кріплення – на шпильці, та за допомогою спеціального притискного кріплення. Були спроби закріпити датчик за допомогою епоксидної смоли, але зважаючи на

велику тривалість встановлення даний спосіб був прийнятий за не перспективний.

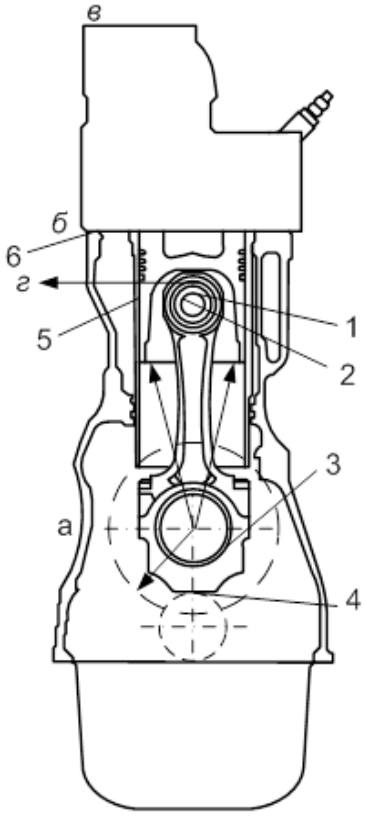


Рис. 1. Поширення інформації про зіткнення деталей в сполученні палець-поршень наприкінці такту випуску: 1 – джерело виникнення ударних коливань; 2 – перший етап поширення коливань (спряження палець – верхня головка шатуна); 3 – другий етап поширення коливань (сполучення нижня головка шатуна – шатунна шийка колінчастого валу); 4 – третій етап поширення коливань (сполучення корінна шийка колінчастого вала – блок); 5 – перший етап поширення коливань в іншому напрямку (спряження поршень – циліндр); 6 – опір на шляху поширення коливань (прокладка); *а, б, в* і *г* – зони раціонального зняття інформації.

Вібраційний сигнал, що випромінюється досліджуваним сполученням сприймався вібраційним датчиком (B&K Type 4333 №272437, Д-14, ИС-317). Перед встановленням датчики калібрувались у відповідності з ГОСТ 25175-82.

Для оцінки стану вузлів і механізмів ДВС за допомогою віброперетворювача датчик притискувався до різних зон моторної установки (рис. 3), вибирали необхідний режим роботи двигуна і записували сигнали на комп'ютер для наступного аналізу і обробітку. Одночасно зі зняттям параметрів вібрації в частотному спектрі визначалося положення поршня першого циліндра відносно в.м.т., за допомогою індуктивного датчика частоти обертання.

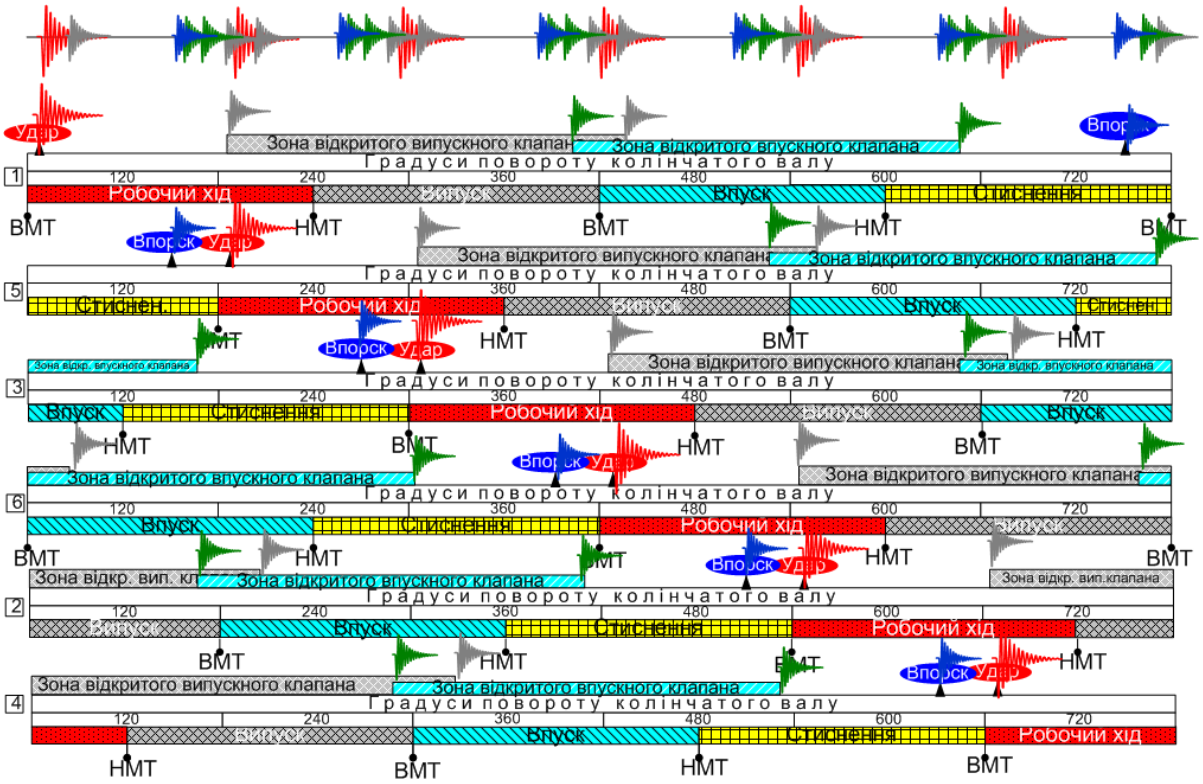


Рис. 2. Теоретична діаграма ударів від газорозподільчого механізму, паливної апаратури, ЦПГ по окремих циліндрах двигуна СМД-31А та їх фазова реалізація.

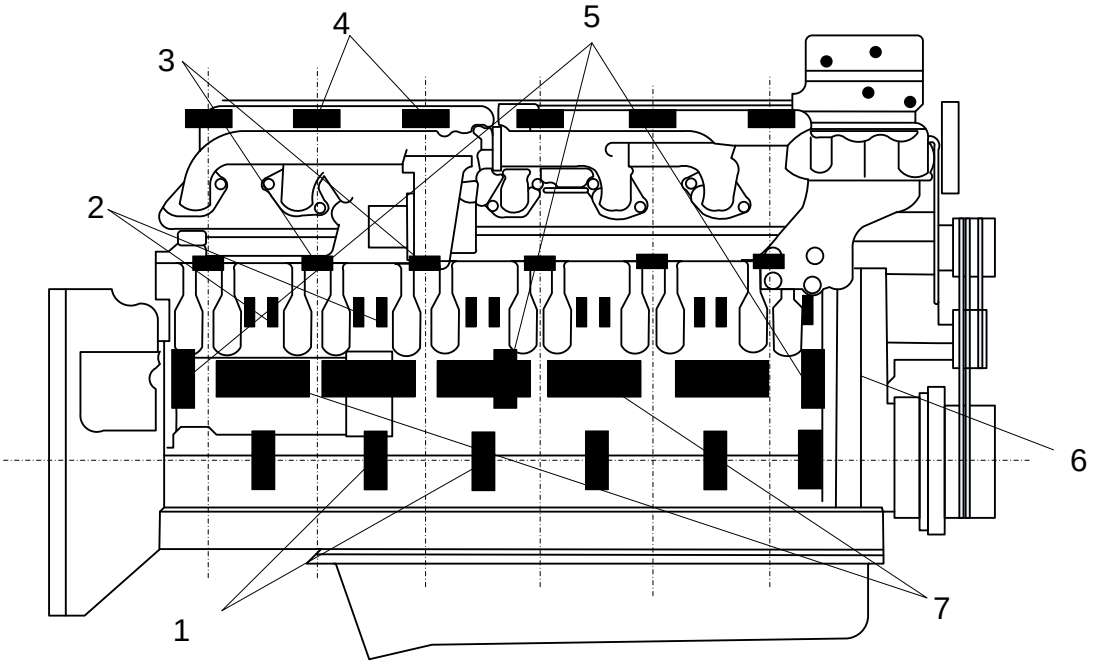


Рис. 3. Місця прослуховування сигналів у з'єднаннях двигуна: 1 – колінчастий вал – корінний підшипник; 2 – шатун – втулка; 3 – клапан – днище поршня; 4 – бойок коромисла – стержень клапана; 5 – розподільний вал – підшипник; 6 – розподільні шестерні; 7 – кулачок розподільного валу – штовхач.

Розглянемо для прикладу природу виникнення коливань в ДВЗ. Робота двигуна характерна тим, що робочі процеси у різних секціях проходять в рідні моменти часу, тому для виділення коливального процесу, пов'язаного з роботою окремої секції, чи окремого елементу однієї секції, використовують часову селекцію. Характер збудження коливальних процесів ДВЗ своєрідний. Характерною особливістю його є імпульсний характер збудження, викликаний великою швидкістю наростання тиску в камері згорання, перекладкою поршнів, процесами впорскування палива і випуску відпрацьованих газів.

При зміні параметрів стану ДВЗ, наприклад момент впорскування палива, порушення у роботі газорозподільчого механізму, зносу поршневих кілець, збільшення зазору між поршнем і гільзою пов'язані з роботою цих механізмів імпульси зміщуються по фазі, змінюється їх амплітуда і тривалість, з'являються нові імпульси. При цьому одночасно діє декілька факторів, що викликають ускладнення віброакустичного сигналу. Для двигунів із кількістю циліндрів більше 4 співпадання в часі (накладання) сигналів, та неврівноваженість деталей під час обертання призводить до появи в спектрі сигналу частот кратних частоті обертання (табл. 1).

1. Визначення частот основних збуджуючих сил в ДВЗ.

Причина вібрації	Формула	Позначення
1. Неврівноваженість деталей які обертаються, сил інерції першого моменту і їх моменту	$f_{Д1} = \frac{kn_Д}{60}$	k = 1,2 – номер гармоніки; $n_Д$ – частота обертання колінчатого валу хв$^{-1}$.
2. Процес горіння палива	$f_{Д2} = \frac{c}{2D}$	c – швидкість звуку при згоранні; D – діаметр циліндра
3. Неврівноваженість: - деталей які обертаються другого порядку	$f_{Д3} = \frac{2kn_Д}{60}$	
- деталей розподільчого валу	$f_{Д4} = \frac{kn_Д}{2 \cdot 60}$	
4. Перекладка поршня в ЦПГ	$f_{Д5} = \frac{bzkn_Д}{60}$	b – кількість перекладок за діаграмою нормальних сил; z – кількість циліндрів двигуна
5. Тертя в корінних підшипниках валу	$f_{Д6} = \frac{z_T kn_Д}{60}$	z_T – число пар тертя
6. Удари клапанів	$f_{Д5} = \frac{z \cdot z_K kn_Д}{60m}$	z_K – кількість клапанів одного циліндра; m - тактність

Розглянуті приклади показують складність коливальних процесів, які виникають в двигуні. Тому виділення корисного сигналу при діагностуванні певного вузла пов'язане з певними труднощами, що більші при зменшенні кількості каналів вимірювання. З одного боку вихід ніби є – забезпечення кожного із з’єднань власним вібродатчиком, що дозволило б розвести сигнали у часі, за рахунок значного затухання сигналу при збільшенні відстані від джерела коливання. Однак такий підхід призводить до значних матеріальних витрат. Кращим підходом є використання одного чи двох датчиків (не більше 4) і забезпечення надійного алгоритму обробітку сигналу для однозначної ідентифікації джерела коливання. В цьому відношенні перспективним і ефективним способом технічної діагностики двигуна прийнято вважати часову реалізацію (рис. 4) та частотний аналіз.

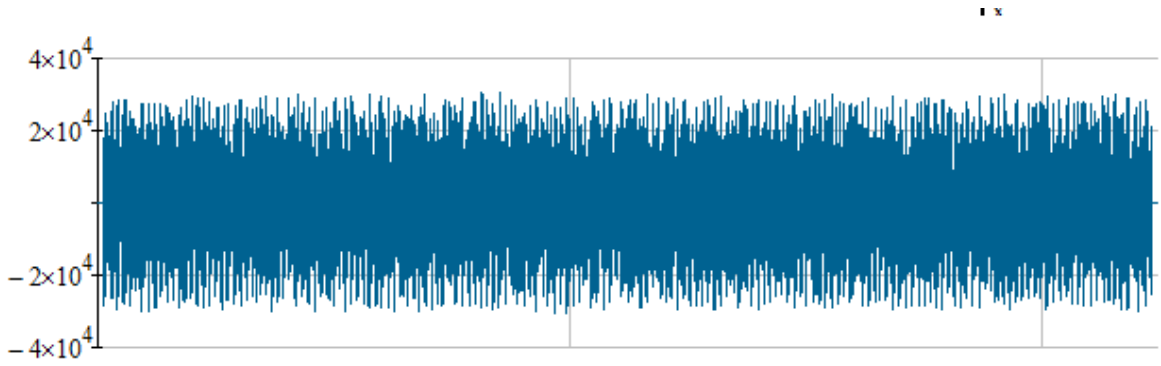


Рис. 4. Вібросигнал прискорення двигуна СМД-31А. (Датчик в зоні 2 рис. 3).

Дійсно, в спектрі сигналу, отриманий з любої точки двигуна, міститься інформація про всі джерела вібрації. Однак наявність попередньо розглянутих характеристик сигналів двигуна значно ускладнює аналіз і інтерпретацію сигналів. Пошук рішення в цьому напрямі пов'язаний з покращенням відношення сигнал/шум і вдосконаленням алгоритму інтерпретації отриманих сигналів на основі їх обробітку.

Для отримання спектра віброакустичного сигналу зазвичай використовують швидке перетворення Фур’є. Перетворення Фур’є, являє собою зміну функції, яка перетворює її у сукупність частотних складових. В основі перетворення Фур’є (ПФ) лежить проста, але виключно корисна ідея – майже любу періодичну функцію можна представити сумою окремих гармонійних складових (синусоїд і косинусоїд з різними амплітудами A, періодами T і відповідно частотами ω). Математичний зміст перетворення Фур’є полягає у поданні сигналу y(x) у вигляді нескінченної суми синусоїд виду

F(ω)·sin(ωx). Функції F(ω) називається прямим перетворенням (інтегралом) Фур'є.

$F := \mathrm{cfft}\left(M^{\langle 0 \rangle}\right)$

Мінімальна частота і крок по частоті $d\Omega := \frac{1}{xmax}$ $d\Omega = 6.104 \times 10^{-5}$

Кількість ординат по частотах $m := 1 + 2^{k-1}$ $m = 8.193 \times 10^{3}$

Поточна частота $\Omega_j := (j+1) \cdot \frac{1}{xmax}$ Максимальна частота $\Omega max := m \cdot d\Omega$ $\Omega max = 0.5$

$\Omega_0 = 6.104 \times 10^{-5}$ $F_0 = -1.015 \times 10^{4}$ $\Omega_m = 0.5$ $F_{1024} = -5.363 \times 10^{3} + 1.025i \times 10^{4}$

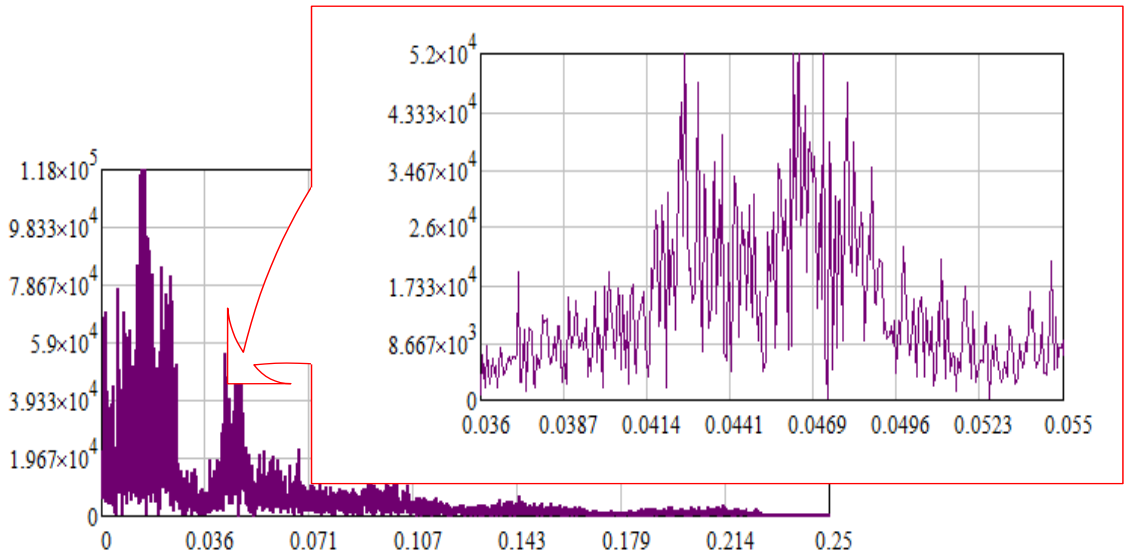


Рис. 5. Лістинг отримання спектру віброакустичного сигналу.

Обернена операція переводить спектр F(ω) у вихідний сигнал y(x). В лістингу MathCad (рис. 5) приведено отримання спектру відбросигналу (рис. 4) за допомогою перетворення Фур'є.

Основними виразами для перетворення Фур'є вхідної послідовності $\{g_n\}$ $n=0,\ldots,N-1$ є:

(пряме)

$$G(k) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} g(n) \cdot e^{-j \cdot \frac{2\pi kn}{N}}, \qquad (1)$$

(обернене)

$$g(k) = \sum_{n=0}^{N-1} G(k) \cdot e^{-j \cdot \frac{2\pi kn}{N}}. \qquad (2)$$

Процедурою розрахунку для дискретного перетворення Фур'є є алгоритм швидкого перетворення Фур'є (ШПФ).

Рамками спектрального аналізу є оцінка наступних характеристик:

– амплітудного спектру, спектру потужності, спектральної щільності потужності, комплексного спектру;

– функції когерентності, когерентної вихідної потужності, відношення “сигнал-перешкода”.

Дискретне перетворення Фурьє (ДПФ) для вибірки процесу $\{X_k$, k=0,…,N-1} визначається за формулою:

$$F(n,N) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} X_k \cdot e^{j \cdot \frac{2\pi nk}{N}}, \qquad (3)$$

Спектр щільності потужності визначається як середнє по М реалізаціях і має розмірність (*ед/Гц).*

$$G_{спм}(n,T) = \frac{1}{\Delta f} \cdot G_{см}, \qquad (4)$$

де: Δf – частота опитування (дискретизації).

Амплітудний спектр визначається через спектр потужності і має розмірність *(ед).* При цьому використовується залежність:

$$G_A(n,T) = \sqrt{G_{см}(n,T)}. \qquad (5)$$

Для розробки в подальшому адаптивної моделі обробітку і аналізу вібросигналу був використаний математичний пакет MathCad 15 та MathLab R2007b.

Дана програма містить пакет обробітку сигналів. Для швидкого перетворення Фур’є в системі Mathcad реалізовано декілька вмонтованих функцій, які різняться нормуванням, а саме fft(y) та FFT(y).

Результати розрахунку відображаються у вигляді модуля Фур’є-спектра, оскільки сам спектр є комплексним. Важливим параметром є гранична частота $\Omega_0 = \frac{1}{xMAX}$ (визначає нижню межу спектра) і частота Найквіста $\Omega_N = \frac{N}{2 \cdot xMAX}$ (визначає верхню межу спектра).

При цьому інтервал дискретизації Фур’є-спектра також рівний Ω_0, а загальна кількість точок розрахунку складає N/2.

Для розрахунку оберненого Фур’є перетворення (відновлення сигналу по дійсному спектру) використовуємо функції ifft(y) та IFFT(y).

На лістингу (рис. 6) за допомогою пакету MathLab було розраховано нормалізований спектр відбросигналу та знайдена частоту максимуму сигналу.

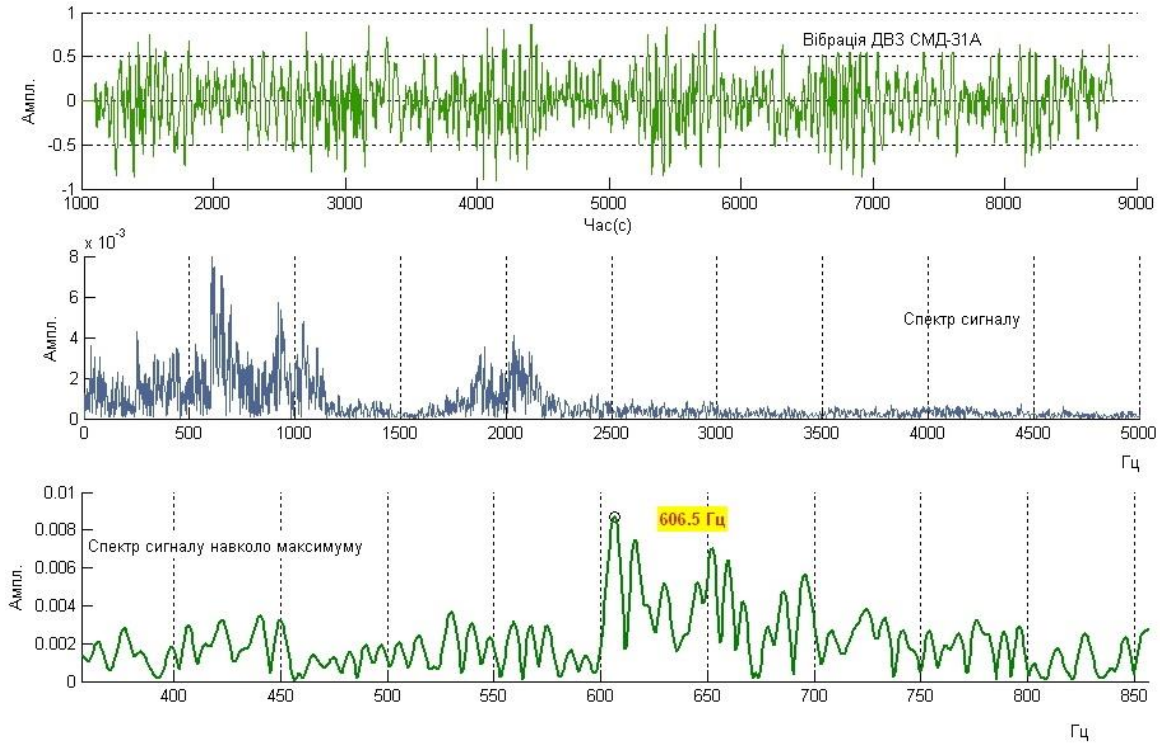


Рис. 8. Розрахований нормований спектр відбросигналу та його максимум.

З позиції аналізу віброакустичних сигналів в частотній області і наступного точного відновлення після певного перетворення можна відмітити ряд недоліків розкладу в ряди Фур'є, які загалом і привели до віконного перетворення Фур'є і стимулювали розвиток вейвлетного перетворення, які виходять за рамки даної статті і будуть розглянуті в подальшому. Ці недоліки наступні:

– Обмежена інформативність аналізу нестаціонарних сигналіві практично відсутність можливості аналізу їх особливостей (сингулярностей), так як в частотній області проходить «розмазування» особливостей сигналів на всьому частотному діапазоні.

– Гармонійні базисні функції не можуть відобразити перепади сигналів із безкінечною крутизною типу прямокутних імпульсів, бо потребують безкінечно велику кількість членів ряду.

– Перетворення Фур'є відображує глобальні відомості про частоти вібросигналу і не дає повну уяву про локальні властивості сигналу в умовах швидкої зміни їх спектрального складу. Перетворення Фур'є не має можливості аналізувати частотні характеристики сигналу у довільні моменти часу.

Висновок. Проведене моделювання обробітку вібросигналів дизельного двигуна за допомогою спектрального аналізу показало, що використання ШПФ і отримання спектру всього сигналу можливе

для використання за умови максимального наближення датчика до джерела коливання. Використання самого методу прямого і оберненого перетворення Фур'є має бути використаним для підвищення відношення сигнал/шум для розробки в подальшому адаптивної моделі обробітку вібросигналу з метою постановки однозначного діагнозу.

Список літератури

1. *Сергиенко А. Б.* Цифровая обработка сигналов / *А. Б. Сергиенко*. – СПб.: Питер, 2003. – 604 с.
2. *Вибрация* в технике. Т.5. Измерения и испытания. Справочник под ред. *М. Н. Генкина*. – М., 1981. – 496 с.
3. *Отнес Р.* Прикладной анализ временных рядов / *Р. Отнес, Л. Эноксон*. – М.: Мир, 1982. – 482 с.
4. *Сырбаков А. П.* Техническая диагностика ДВС по параметрам вибрации / *А. П. Сырбаков, М. А. Корчуганова, Н. С. Чернышов* // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – Вып. 47. – С. 110–116.
5. *Надточій О. В.* Аналіз математичної моделі перекладки поршня в зазорі циліндро-поршневої групи / *О. В. Надточій* // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К.: НАУ, 1998. – Т. IV. – С. 122–125.
6. *Leclere, Q., Pruvost, L. and Parizet, E.* (2010), Angular and temporal determinism of rotating machine signals: The diesel engine case, Mechanical Systems and Signal Processing 24, 2012-2020.

Аннотация. *Рассмотрено использование спектрального анализа виброакустического сигнала дизельного двигателя СМД-31А, как элемента адаптивной модели обработки вибросигнала с целью постановки однозначного диагноза. Приведена теоретическая диаграмма ударов от газораспределительного механизма, топливной аппаратуры, ЦПГ по отдельным цилиндрам двигателя СМД-31А и их фазовая реализация Для моделирования использовались математические пакеты MathCad, MatLab.*

Ключевые слова: ***вибросигнал, спектр, спектральный анализ, преобразование Фурье, амплитуда, колебания***

Annotation. *The paper considers the use of spectral analysis of vibro-acoustic signal for diesel engine SMD-31A, as an element of the adaptive processing model of the vibration signal for the purpose of setting unambiguous diagnosis. Theoretical chart of strikes from timing, fuel injection equipment, CPG for individual engine cylinders SMD -31A and implementation phase was used For simulation the mathematical package MathCad, MatLab.*

Key words: ***vibrating signal spectrum, spectral analysis, Fourier transformation, amplitudes, fluctuations***

УДК 631.53.01

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРИСМОКТУЮЧОЇ СИЛИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХВАТУ ОКРЕМИХ НАСІНИН

А. І. Бойко, доктор технічних наук
П. С. Попик, здобувач
О. О. Банний, кандидат технічних наук

Анотація. *В статті представлено результати експериментальних досліджень по встановленню впливу силових факторів на присмоктування насінин пневмомеханічним висівним апаратом оснащеним комірками з направленим вектором дії.*

Ключові слова: ***насінина, розрідження, присмоктуюча сила, комірка***

Постановка проблеми. Головною операцією при виділені окремих насінин із загальної маси, що подається в завантажувальну камеру, є захват тільки однієї насінини. В апаратах пневмомеханічної дії захват здійснюється за рахунок сил розрідження, які виникають в зоні дії присмоктувальної комірки [4]. Від форми насінини і стану її поверхні, багато в чому залежить щільність контакту в спряженні між нею і поверхнею присмоктуючого отвору комірки дозуючого диску. Однак в будь-якому випадку між поверхнею насінин і конічною поверхнею комірки виникають зазори в які проходить повітря зменшуючи загальну силу присмоктування, що суттєво впливає на ефективність захвату. Тому деякі результати раніш отриманих теоретичних досліджень потребують експериментальних доповнень з виявленням кількісних величин параметрів висіву насіння типових просапних технічних культур.

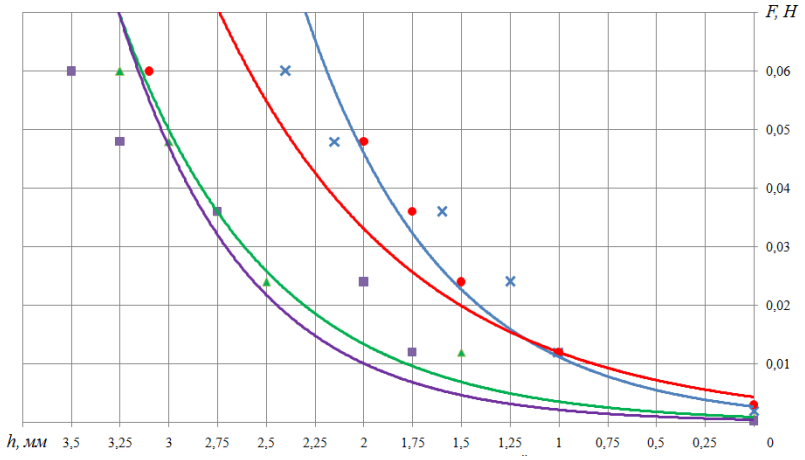
Аналіз останніх досліджень. В роботі [2] теоретично виведена залежність, яка встановлює зміну величини сили присмоктування від відстані між насіниною і коміркою. Структура отриманої формули багато в чому схожа з раніш запропонованою Зеніним Л.С. [1] емпіричною залежністю. Однак автор ні в цій роботі, ні в своїх інших [3] не дає прямого експериментального підтвердження закономірності зміни присмоктуючої сили від відстані до насінини. Очевидно, безпосереднім експериментальним дослідженням отримати таку залежність достатньо проблематично. Однак опосередненим шляхом через силу, що компенсує втрати присмоктуючої сили при віддалені насінини, можливо отримати шуканий результат, провівши ряд експериментальних досліджень.

© А. І. Бойко, П. С. Попик, О. О. Банний, 2016

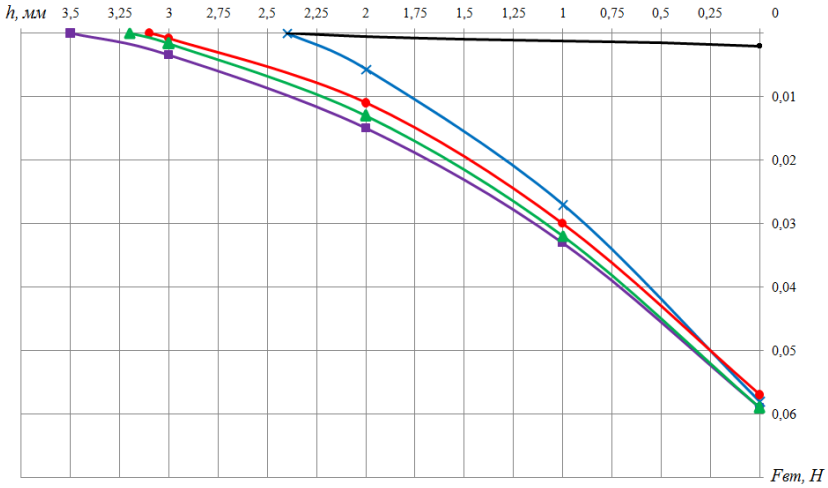
Мета досліджень – підтвердження основних положень закономірностей і параметрів дозування насінин при відокремленні їх від загальної маси.

Результати досліджень. Досліди виконані для насіння технічних культур: сої, кукурудзи, цукрового буряка і соняшника.

Отримані залежності впливу відстані до частинок на зміну присмоктуючої сили представлені графічно на рис. 1, а.



а)



б)

Рис. 1. Зміна впливу силових факторів, що діють на насінину в залежності від відстані до присмоктуючої комірки: а) вплив відстані на присмоктуючу силу; б) вплив відстані на додаткову силу; (h_n=h_{max}=*3,5мм;* ▲ – соняшник; × – соя; ● – кукурудза; ■ – буряк).

Як видно з представлених графіків, між присмоктуючою силою, яка створюється розрідженням в отворі комірки і відстанню до насінини існує нелінійна залежність. Для насінин всіх видів культур сила суттєво зростає при збільшені відстані.

Фізичну картину взаємодії насінини з потоком повітря в присмоктуючій комірці можливо пояснити наступним чином. Якщо

насінина присмоктана до поверхні комірки повністю, то сила необхідна для її утримання у вертикальному положенні (згідно методики поставленого експерименту) дорівнює

$$F_0 = P_0 \cdot S_{отв} = mg \ , \qquad (1)$$

де: P_0 – необхідне розрідження для утримання насінини; $S_{отв}$ – площа отвору присмоктуючої комірки; m – маса насінини; g – прискорення вільного падіння ($g=9,81$ *м/с*^{2}).

При вивчені реальних спряжень поверхонь частинок (насінин) з отвором присмоктувальної комірки, Зенін Л. С. справедливо вводить додатковий коефіцієнт, що враховує нещільність їх прилягання. Ця нещільність і втрати розрідження повітря, що викликані нею автоматично компенсуються і входять в результуючу силу F, що діє в отворі комірки. Для подальшого аналізу загальну результуючу силу доцільно розкласти на дві основні складові: F_0 – теоретично необхідну для утримання насінини при щільному її приляганні до комірки при $h=0$ і $F_д$ – додаткову силу, яку необхідно розвинути в отворі комірки для подолання зайвих витрат на нещільності і зрушення насінини з вибраної відстані h. Тоді можливо записати наступну суму:

$$F = F_0 + F_д \, . \qquad (2)$$

Природа виникнення додаткової сили $F_д$ складна. Вона компенсує декілька втрат, які виникають в результаті віддалення частинки від присмоктуючого отвору. Сюди входять, насамперед, різні аеродинамічні втрати від взаємодії потоку повітря з частинкою, ламінарність або турбулентність самого потоку і та дійсна сила, що виникає на віддалені від отвору, від розрідження повітря в самому отворі. Зміна величини останньої сили від відстані до частинки і представляє науково-практичний інтерес в даному дослідженні. Не визиває сумніву, що на цю силу опосередковано вказує додаткова компенсуюча сила $F_д$. Але чим менші втрати при взаємодії частинки з присмоктуючим отвором, тим менша необхідна і компенсуюча сила. Зі збільшенням відстані компенсуюча сила достатньо різко теж збільшується. Як видно з отриманих даних (рис. 1, а) найбільший вплив відстані на цю силу спостерігається для насіння кукурудзи, а найменший для цукрового буряка. Однак, слід відмітити, що для всіх культур, що досліджувалися, графіки розташовувалися достатньо близько один до одного і мають однаковий принциповий характер зміни кривих. Виявлення впливу відстані між насіниною і коміркою на зусилля, що діє на насінину можливо графо – аналітичним методом. Для цього необхідно мати загальне зусилля F, що відриває частинку з вибраної відстані h. Його величина визначається в експерименті (береться з графіку). З цього зусилля відраховується те, що необхідне для утримання частинки, коли відстань дорівнює нулеві –

F_0. Різниця між ними і є те додаткове зусилля $F_д$, що йде на компенсацію різних втрат (рис. 1, б). Зусилля, що діє на частинку на певній відстані від присмоктуючої сили комірки може бути підраховано згідно наступної формули:

$$F_{вті} = F_{д(n-i)}(1-\frac{h_i}{h_n}) \quad (3)$$

де: $F_{вті}$ – зусилля, що діє на частинку в *і* точці відстані від присмоктуючої комірки; $F_{д\ (n-i)}$ – додаткове зусилля, необхідне для відриву частинки в точці (*n-і*) відстані між частинкою і коміркою; *і* – текучий номер значення точки відстані *h* між коміркою і насіниною; h_i – відстань між коміркою та *і* точкою на осі 0 – *h*; h_n – максимальна відстань між частинкою і коміркою, яка прийнята в досліджені; *n* – номер останньої найбільш віддаленої точки.

Графічні залежності побудовані згідно проведених обчислень і представлені на рис. 1, б. Порівняння їх з теоретичною [2 (рис. 2)] показує на ідентичність характеру залежностей. Різниця в чисельних значеннях величин сил обумовлена особливістю самої постановки досліду. Сімейство експериментальних кривих (рис. 1, б) показує зменшення результуючої сили в точці знаходження частинки від відстані цієї точки до присмоктуючого отвору. Причому, для реалізації відриву частинки, розрідження в отворі по мірі віддалення частинки весь час збільшується.

Теоретична крива навпаки, будувалася виходячи з положення, що розрідження в присмоктуючому отворі є величина постійна і рівна по величині силі тяжіння. В даному випадку сила, що діє на частинку на відстані, обумовлена спадаючим полем розрідження, яке, як показують дослідження, зменшується згідно встановленої теоретично і підтверджено експериментально закономірності.

Порівняння теоретичних даних з результатами експерименту для спрощення розрахунків і виключення сторонніх факторів впливу, доцільно виконати при повному присмоктуванні частинки (*h=0*). Теоретично розрахована для насінини сої при її масі *m=0,2 г*, сила утримання дорівнює F_0*=0,002 Н*. Експериментальним дослідженням для цієї ж насінини при площі контакту $S_{отв}$*=12 мм*^{2} і розрідженні в момент відриву P_0*=0,2 кПа* сила присмоктування склала F_0*=0,0024 Н*, що дещо більше за теоретичну. Різниця в отриманих даних обумовлена нещільністю прилягання частинки до поверхні комірки. Чим частинка (насінина) по своїй формі ближча до сферичної, тим менше погрішність між теоретичними і експериментальним результатом. В даному дослідженні різниця складає 16%.

Висновок. Експериментально підтверджена нелінійна залежність між відстанню до комірки і присмоктуючою силою. Встановлено суттєвий вплив стану і форми поверхні насінин на величину присмоктуючої сили.

Список літератури

1. *Зенин Л. С.* Исследование пневматического высевающего аппарата точного высева : автореф. дис… на соискание науч. степени канд. техн. наук / *Л. С. Зенин*. – Алма-Ата, 1962. – 28 с.
2. *Бойко А. І.* Дослідження надійності торцевих пневмомеханічних висівних апаратів / *А. І. Бойко, П. С. Попик* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2014. – Вип. 151. – С. 153–158.
3. *Будагов А. А.* Точный посев на высоких скоростях / *А. А. Будагов*. – Краснодар: Наука, 1971. – 139 с.
4. *Патент* на корисну модель № 90890 Україна, МПК A01C 7/04, A01C 17/00, A01C 19/00. Пневмомеханічний висівний апарат з поворотною коміркою висівного диска / *А. І. Бойко, П. С. Попик, О. О. Банний* // № u 2014 00807 ; Заяв. 29.01.2014 ; Опубл. 10.06.2014, Бюл. № 11.

Аннотация. *В статье представлены результаты экспериментальных исследований по установлению влияния силовых факторов на присасывание семян пневмомеханическим высевающим аппаратом оснащенным ячейками с направленным вектором действия.*

Ключевые слова: ***семена, разрежение, присасывающая сила, ячейка***

Annotation. *The paper presents the results of experimental research to establish the impact of factors on the suction power pneumatic seed sowing apparatus equipped cells with a vector directed action.*

Key words: ***seeds, rarefaction, suction force, cell***

УДК 548.2.001

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛОГІСТИКИ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Л. А. Савченко, кандидат технічних наук

Анотація. *У представленому дослідженні логістика розглядається як інструмент, який дозволить використовувати транспорт з найменшими витратами. Логістика в сільськогосподарському виробництві спрямована на вирішення питань, що стосуютьсяматеріальних потоків з товароруху (сировини, матеріалів, запасних частин) з метою економії і*

© Л. А. Савченко, 2016

отримання прибутку. Отже, проведені дослідження спрямовані на оптимізацію матеріальних потоків в аграрному секторі, з використанням логістичних підходів.

Ключові слова: ***логістика, змішані перевезення, маршрут, матеріальний потік***

Постановка проблеми. У сільськогосподарському виробництві, логістика, як наука управління матеріальними, фінансовими та інформаційними ресурсами стає все більш затребуваною. Використання на сільськогосподарських підприємствах інструментарію логістики є особливо актуальним. Зокрема, у процесах матеріально-технічного забезпечення, збуту сільськогосподарської продукції, і організації короткочасного і довготривалого зберігання на складах підприємств.

При використанні логістики в сільськогосподарському виробництві, забезпечується управління матеріальними потоками найбільш раціонально. При застосуванні логістики в сільськогосподарському виробництві виділяють такі поняття як: планування, контроль, транспортування, і товарорух з мінімізацією часу і грошей. Таким чином, створюється єдиний логістичний ланцюг, який об'єднує вантажовідправника і вантажоодержувача. Сума витрат при перевезенні сільськогогосподарських вантажів по території України та за її межами сягає близько 35% від загальних витрат [1]. Це є істотним недоліком, який несе ряд витрат при перевезеннях в аграрному секторі.

За допомогою ефективного управління в сільському господарстві запропоновані математичні моделі дають можливість значно скоротити витрати перевезень, що в свою чергу призведе до значної економії грошових витрат та отримання прибутку при перевезенні сільськогосподарської продукції.

При використанні відомих математичних моделей в логістиці дозволяється оптимізувати всі види потоків (фізичні, матеріальні, енергетичні і т.д.). Задоволення інтересів визначається в мінімізації часу доставки, скорочення витрат, збільшення якості сільськогосподарської техніки, значного поліпшення гарантійного та післягарантійного обслуговування техніки, налагодження зв'язків між споживачем і виробником

Виходячи з поставлених цілей використання логістики в сільськогосподарському виробництві може забезпечити:

- підтримка відповідного рівня цін на ті чи інші логістичні послуги;
- гарантовану високу ефективність логістичних послуг;
- забезпечення надійності доставки на вимогу;

- зручність в розміщенні замовлень цілодобово (по телефону, факсу, через Інтернет і т.д.);

- повідомлення клієнтів про структуру витрат на логістичні послуги;

- гарантії клієнтам у вигляді додаткових доходів від використання логістичних послуг.

Аналіз останніх досліджень. Актуальність проблеми та шляхи вирішення опубліковані в наукових вісниках [2, 3, 4]. При використанні пропонованих математичних моделей ефективність управління матеріальними потоками в сільськогосподарському виробництві поліпшується на 15%. Необхідність використання математичних моделей в логістиці обумовлена ефективністю товароруху. Адже, логістика в сільському господарстві відображає кількісну сторону потокових економічних процесів.

Найбільш вигідніше в аграрному секторі використовувати змішані перевезення. При організації змішаних перевезень може використовуватися мережевий графік, який матиме такі особливості:

- кожній дузі присвоюється тільки одне значення, яке характеризує втрати в тимчасовому і вартісному вираженні;

- кожному проміжному пункту відповідає одне або кілька значень, які визначаються як сума довжин дуг. Кількість значень залежить від кількості альтернативних варіантів доставки у розглянутий пункт;

-мережні графік не потребують розрахунків раннього і пізнього строків виконання кожної роботи;

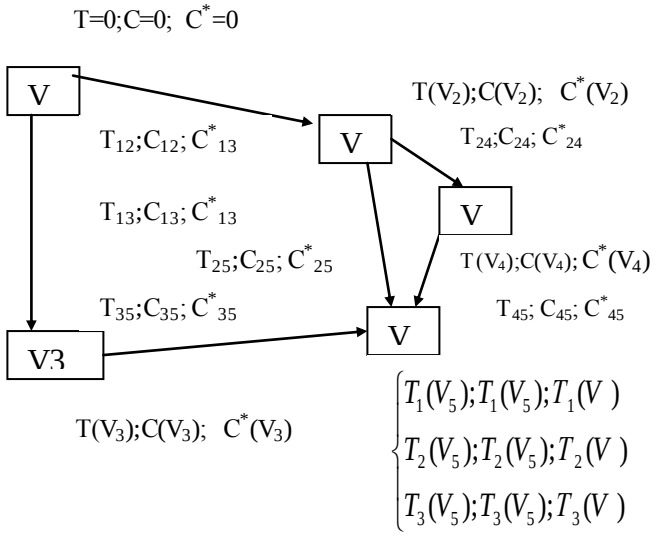
-вибір варіантів виробляється на основі порівняння отриманих характеристик схеми доставки із заданими умовами.

У практичній діяльності вибір варіанта доставки вантажу провадиться на основі одного з наступних параметрів «час» або «вартість», а також можливий варіант коли використовується інтегрований показник С*, що враховує обидва параметри і розрахований, наприклад, за формулою [5, 6, 7]:

$$C^* = (C_{гр} + C_n)(1+\Delta)^*. \qquad (1)$$

де: C^* – оцінка вартості вантажу і його доставка з урахуванням факторів часу (інтегральна оцінка); $C_{гр}$ – закупівельна вартість вантажу, грн; C_n – вартість перевезення, грн; $(1+\Delta)^*$ – множник нарощування відсотків по процентній ставці за періодів, $n = T/365$.

Враховуючи всі наведені особливості мережевий графік при змішаних перевезеннях в загальному вигляді можна представити як просторово залежні схеми доставки з урахуванням різних параметрів, використовуваних для прийняття управлінського рішення (рис. 1) [5, 7].



$$\begin{cases} T_1(V_5);T_1(V_5);T_1(V\ ) \\ T_2(V_5);T_2(V_5);T_2(V\ ) \\ T_3(V_5);T_3(V_5);T_3(V\ ) \end{cases} \quad (1)$$

Рис. 1. Мережевий графік варіантів доставки вантажу і його характеристики.

Кожній роботі (Vi) відповідає три значення – час (Ti), вартість доставки (Ci), і інтегрований показник (C*), який визначається як сума дуг за різними варіантами доставки в один із зазначених показників при заданих умовах є основним при прийнятті управлінського рішення про вибір варіанта доставки.

Дуга мережного графіка являє собою або процес безпосередньої перевезення вантажу одним видом транспорту або виконання будь якої роботи з навантаження, розвантаження, переробки та його оформленні.

Шлях прямування з одного вузла в інший може бути альтернативним, наприклад:

- якщо дуга означає процес транспортування, то це свідчить про можливість використання на цьому маршруті кількох альтернативних один одному варіантів;

- якщо дуга означає процес оформлення вантажу в пункті, то залучення посередників і відмова від їхніх послуг призведе до появи декількох альтернативних один одному варіантів.

Таким чином, для пунктів де перетинаються альтернативні шляхи доставки з'являється кілька сумарних значень T, C, C* (робота V).

Вибір проводиться на основі одного визначального на даний момент часу показника. У випадку, якщо важливість показників має приблизно однакове значення і якщо ні для однієї з схем доставки не виявилося, що всі значення нижче, ніж для будь-якої іншої, можна використовувати критерії прийняття рішення в умовах невизначеності.

Найбільш відомі критерії Лапласа, Севіджа, Гурвіца, що дозволяють прийнятий рішення на основі аналізу матриці можливих результатів: термін відповідає можливим діям Rj (варіантам доставки вантажів); стовпці можливим стану природи SJ (критерію доставки); елементи матриці результат при виборі j-го дії та реалізації і-го стану Vj (рис. 2) [5, 7–9].

$$\begin{array}{cccccccc} & S_1 & S_2 & \dots & S_j & \dots & S_n \\ R_1 & V_{11} & V_{12} & \dots & V_j & \dots & V_{1n} \\ R_2 & V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2j} & \dots & V_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_j & V_{j1} & V_{j2} & \dots & V_{ij} & \dots & V_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & .. \\ R_m & V_{m1} & V_{m2} & \dots & V_{mj} & \dots & V_{mn} \end{array} . \qquad (2)$$

Рис. 2. Загальний вигляд матриці можливих результатів.

Критерій Лапласа спирається на принцип недостатнього підстави згідно з яким всі стани природи Si (i = 1, n) є рівноімовірними. Таким чином, кожному стану Si відповідає ймовірність qi визначається за формулою:

$$q_i = \frac{1}{n} . \qquad (3)$$

Для прийняття рішення для кожної дії Rj обчислюється середньо арифметичне значення втрат:

$$M_j(R) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} V_{ji} . \qquad (4)$$

Серед M_J (R) вибирають мінімальне значення, якщо, як у розглянутому випадку, матриця можливих результатів представлена матрицею втрат (або максимальне, у всіх інших ситуаціях), яке і буде відповідати оптимальній стратегії:

$$W = \min\{M_j(R)\ \}, \qquad (5)$$

де: W – значення параметра, відповідне оптимальної стратегії (варіанту доставки вантажу).

Критерій Вальда (критерій), заснований на принципі найбільший елемент max, а далі вибирається дію R (рядок j), якому буде відповідати найменший елемент з найбільших варіантів:

$$W = \min_j \max_i \{V_{ji}\}. \qquad (6)$$

Критерій Севіджа використовує матрицю ризиків, елементи якої визначають за формулою:

$$r_{ji} = V_{ij} - \min_j \{V_{ji}\} \qquad (7)$$

Таким чином, різниця між найкращим значенням в стовпці I і значеннями Vji при тому ж і. Згідно критерію рекомендується вибрати ту стратегію, при якій величина ризику приймає найменше значення в самій несприятливій ситуації:

$$W = \min_j \max_i \{r_{ji}\} \quad (8)$$

Критерій Гурвіца заснований на двох наступних припущеннях: «природа» може знаходитися в самому невигідному стані з ймовірністю α, де α – коефіцієнт довіри. Якщо елементи матриці являють собою втрати, то вибирають дію, яка виконує наступне умова:

$$W = \min_j \left[\alpha \min_i V_{ij} + (1-\alpha) \max_i V_{ij} \right]. \quad (9)$$

Критерій Гурвіца встановлює баланс між випадками крайнього оптимізму і песимізму шляхом зважування цих двох способів поведінки відповідними вагами.

Висновок. Розглянутий алгоритм планування змішаних перевезень дозволяє на кінцевому етапі отримати оптимальний спосіб доставки вантажів, по яким розуміється вибір не тільки виду транспорту, а й склад логістичних посередників, що залучаються для виконання перевезень. Необхідно враховувати, що ефективність різних варіантів доставки може варіюватися на протязі всього періоду виконання договірних зобов'язань, тому розглянуті, але не реалізовані варіанти переважно не відкидали, а залишати як резервні.

Список літератури

1. *Sumets O.* Logistika: teoriya, situatsiї, praktichni zavdannya. Chastina 1. Logistika yak instrument of market economy / *O. Sumets, O. Bilotserkivsky, I. Golofayeva*. – Delhi: Miskdruk, 2010. – 212 p.
2. *Alkema V. G.* Logistics: a teaching manual for students of the Department of training foreign students / *V. G. Alkema*. – Kyiv: University of Economics and Law "Croc", 2004. – 164 p.
3. *Sumets A. M.* Logistics Studies. Allowance / *A. M. Sumets*. – H.: Publishing House of the LSA 2006. – 132 p.
4. *Smirichinsky A. V.* Logistics Management in Construction : monograph / *A. V. Smirichinsky, V. V. Smirichinsky, V. F. Martynuk.* – Ternopil: Zbruchem, 2006. – 264 p.
5. *Sumets A. M.* Logistics vehicle systems. Part 2. Predicting the cost of spare parts components of vehicles : monograph / *A. M. Sumets*. – H.: OOO "Contour", 2007. – 112 p.
6. *Sumets A. M.* Scho potribno nobility vodiєvi / *A. M. Sumets*. – K.: High-Tech Pres, 2007. – 168 p.
7. *Lukinskiy V. S.* Transportation logistics / *V. S. Lukinskiy*. – Spb.: SPbGIEU, 2005. – 139 p.

8. *Savchenko L. V.* Optimization solutions in logistics: Theory and Practice / *L. V. Savchenko*. – K.: RIO NTU, 2007. – 248 p.

В представленном исследовании логистика рассматривается как инструмент, который позволяет использовать транспорт с наименьшими затратами. Логистика в сельскохозяйственном производстве направлена на решение вопросов, касающихся материальных потоков с товародвижения (сырья, материалов, запасных частей) с целью экономии и получения прибыли. Итак, проведенные исследования направлены на оптимизацию материальных потоков в аграрном секторе, с использованием логистических подходов.

Ключевые слова: ***логистика, смешанные перевозки, маршрут, материальный поток***

Annotation. *In the present study, the logistics is viewed as a tool that allows the use of vehicles with the lowest cost. Logistics in agricultural production aimed at addressing issues related to the physical distribution of material flows (raw materials, spare parts) to save and profit. Thus, studies have focused on optimizing the material flow in the agricultural sector, with the use of logistic approaches.*

Key words: ***logistics, multimodal transport, route, material flow***

УДК 631.352.5

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ РОТАЦІЙНИХ КОСАРОК-ПЛЮЩИЛОК З ГЛИБИНИ СТОЛІТЬ І ДО СЬОГОДЕННЯ

О. М. Погорілець, кандидат технічних наук
М. С. Волянський, доцент

Анотація. *Обґрунтовані геометричні, кінематичні і силові параметри та режими роботи різального апарата для скошування високоврожайного травостою незалежно від його стану та плющильного апарата динамічної дії зі збереженням кормових цінностей та зменшенням втрат врожаю при штучній заготівлі сіна і сінажу.*

Ключові слова: ***тенденція, розвиток, косарка, плющилка***

© О. М. Погорілець, М. С. Волянський, 2016

Постановка проблеми. Не вдаючись в подробиці, коли і як виникло землеробство, а згадаємо лише те, що описав римський історик Пліній Старший. Він нагадав, що у І столітті нашої ери (н.е.) галли (Римська імперія) запропонували машину, яка представляла собою ящик, що спирався на два дерев'яні колеса, спереду якого закріплена обчісувальна гребінка. До іншого кінця ящика були прикріплені голоблі, в які запрягали тяглову силу (коня, вола, мула), що штовхала цей візок. Під час руху колоски хлібних зернових культур затискалися між зубцями гребінки, а робітник, що рухався поруч, веслом збивав їх у ящик, заповнюючи його [1]. Очевидно, якщо були воли, то уже людина прийшла в землеробство одночасно з прирученими коровами, вівцями, козами. Як правило – всі наведені тварини травоїдні істоти.

Аналіз останніх досліджень. Вже з тих часів, а це – більше 2000 років, головною турботою хлібороба було не тільки добування хліба, а і кормів для тварин.

Тварини на протязі шести місяців самі добувають корм на природних пасовищах або на полях засіяних кормовими культурами: люцерна, конюшина, тимофіївка тощо. Що стосується інших місяців, то людина повинна була заготовляти корми у вигляді сіна або пізніше запропонованого сінажу. Для цього шукачі нового винайшли серп, за допомогою якого жниця (це була робота жінки) затискувала верхню частину горстки стебел у жмені лівої руки (цим створювала додаткову опору), а правою, натискуючи і протягуючи серпом перерізала стебла. Таким способом зрізували хлібні зернові культури, що є першим етапом добування хліба. Такий зріз називають підпірним, продуктивність жниці за світловий день становила 0,15 га, а втрати зерна - 4%. Поступово серп переходив в косу. Її застосовували як при скошуванні хлібних культур, так і при скошуванні трав.

Косити – це вже робота чоловіків. Працювати косою теж не легко, проте тут не треба згинати спину та і продуктивність більша – 0,30 га за день, але і втрати зерна більші – до 20%. Для надійності роботи коси косар надає їй швидкості руху 3…5 м/с і часто підгострює чи клепає її. При роботі коси – це вже безпідпірний зріз.

Для збирання врожаю зернових культур та трав, природних і сіяних, для заготівлі сіна і сінажу природа «відвела» малий проміжок часу. Оскільки зернові і кормові культури знаходяться не під дахом, тому думка винахідників була спрямована на створення високопродуктивних машин.

Як свідчить вище наведене, цьому відповідають саме косарки з різальними апаратами безпідпірного різання. Косарки з такими апаратами були на кінній тязі, а ножі у вигляді серпів (рис.1). Такі

косарки або жатки не були придатні для збирання зернових культур, так як при цьому втрати зерна становили 20%. У 1800 році Robert Meares отримав патент в Англії на різальний апарат, який зрізував рослинність за принципом ножиць.

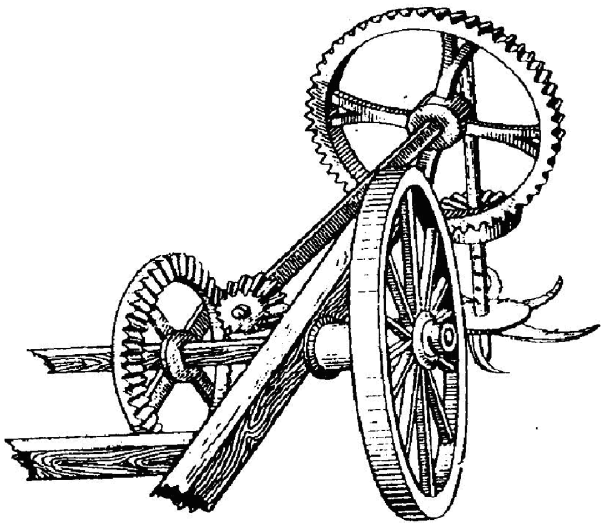


Рис. 1. Косарка ротаційна Бойса, 1799 р.

У 1826 році шотландець Патрик Бель поєднав воєдино всі винаходи того часу і побудував першу жатну машину, придатну для скошування хлібних культур. Жатка приводилася в рух кіньми, що штовхали її ззаду. Крім цього жатка мала ще й мотовило, що підводило рослинність до різального апарата. По суті це був різальний апарат сегментно-пальцьового типу зі зворотно-поступальним рухом ножа, тобто підпірного різання. Він був використаний у першому в світі американському комбайні на кінській тязі у 1828 році, жатках-лобогрійках (відомі з 1842 року), жатках-самоскидках (з 1855 р.), жатках-снопов`язалках – (з 1856–1867 рр.) і застосовується нині, але більш досконалий.

Перш ніж описувати будову і принцип дії ротаційних косарок-плющилок для заготівлі кормів у вигляді сіна і сінажу, розглянемо що представляє собою корм для тварин – сіно і сінаж [5].

Сіно – це трава, скошена у період бутонізації природно або штучно висушена до вологості 15–17% і нижче. Розрізняють сіно сіяних трав (бобове, злакове і злаково-бобове), і природних сіножатей (лучне, волого-лучне, степове тощо). Кормова цінність сіна визначається його смаковими якостями, вмістом каротину тощо. Цінними є трави родини бобових (вика, конюшина, люцерна та ін.), злакових (лисохвіст лучний, костриця, стоколос тощо). Злакові становлять одну з найцінніших частин сіна. З різнотрав'я цінними є спориш, лобода, щириця та ін. Кормова цінність окремих частин рослин різна: в листочках більше ніж у стеблах сирого протеїну – в

2–3 рази, мінеральних речовин – в 1,5 рази, каротину – в 7–15 раз. Різниця в поживності листя і стебел у бобових рослин більша, ніж у злакових. Найкраще сіно отримують при штучному сушінні трав на сіно. Зберігають сіно у стогах, скиртах або спеціальних сховищах.

Сінаж – соковитий корм для тварин. Заготовляють його у баштах, траншеях і ямах автоконсервуванням прив'ялених протягом 4…24 год. до 40…50% вологості злакових, злаково-бобових та ін. рослин. Злакові трави збирають на початку колосіння, бобові – у фазі бутонізації. У сінажу повністю зберігаються листочки. При заготівлі сінажу втрати поживних речовин становлять 8…12% від вмісту їх у траві, тоді як при заготівлі силосу – 25…30%, сіна, при природному сушінні – 30…40%. Найкращий сінаж отримують з сіяних трав.

Результати досліджень. Штучне сушіння трав для одержання сіна і сінажу забезпечують косарками-плющилками. У косарках-плющилках підпірного і без підпірного зрізування для плющення трав застосовують плющильні вальці (рис. 2) стальні і обгумованні, гладеньки та рифлені з прямими та гвинтоподібними пазами. Глибина пазів і кут похилу їх до твірної вальця різні, деякі плющильні апарати мають гвинтові пази, розміщенні під різним кутом до геометричної вісі.

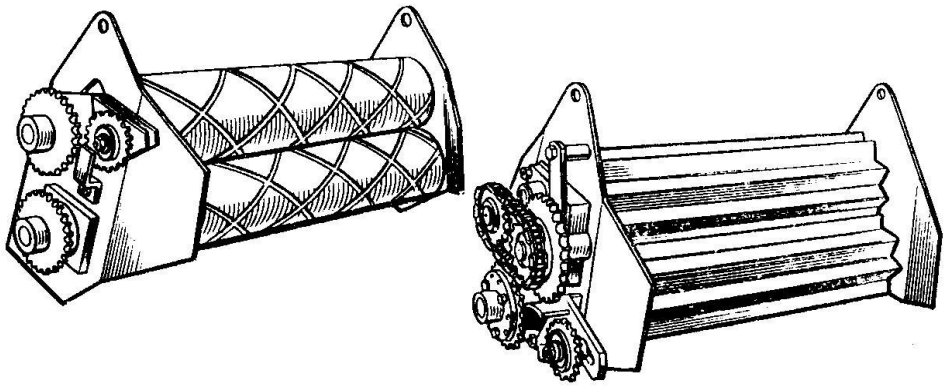


Рис. 2. Плющильні вальці косарки-плющилки КПРН-3,0.

Для роботи косарок-плющилок на високоврожайних травостоях використовують косарки-плющилки безпідпірного зрізування типу КПРН-30 (Росія), яка за будовою різального апарата аналогічна апарату косарки КРН-2,1 (Росія, 1974). Косарка-плющилка КПРН-3,0 причіпна, ширина захвату – 3,0 м, роторів – 6, привод роторів – нижній, частота обертання роторів – 1936 об/хв, ножів на роторі – 1, плющильні вальці такі ж як і у косарок-плющилок підпірного зрізування.

Заслуговує на увагу далекоглядність винахідників щодо використання траєкторій руху зрізанних стебел трав косарками-

плющилками підпірного зрізування і безпідпірного. Як свідчить досвід при роботі косарки підпірного зрізування (різальний апарат сегментно-пальцьового типу зі зворотно-поступальним рухом ножа) зрізані стебла транспортуються суцвіттям назад, проти напрямку руху косарки (рис. 3, *а*), а при роботі ротаційної косарки, тобто безпідпірного зрізування, зрізанні стебла транспортуються навпаки – суцвіттям вперед по ходу косарки (рис. 3, *б*).

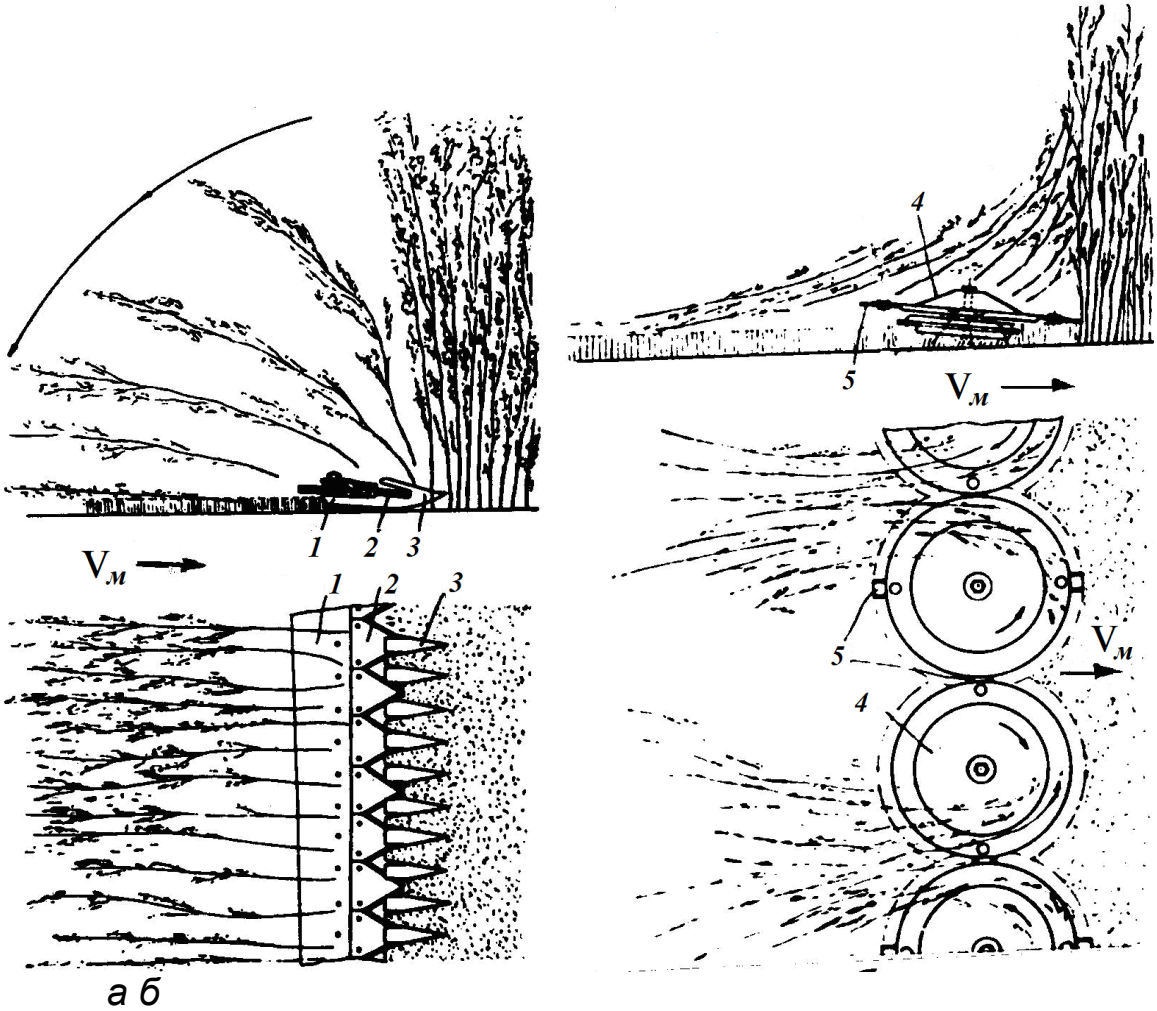
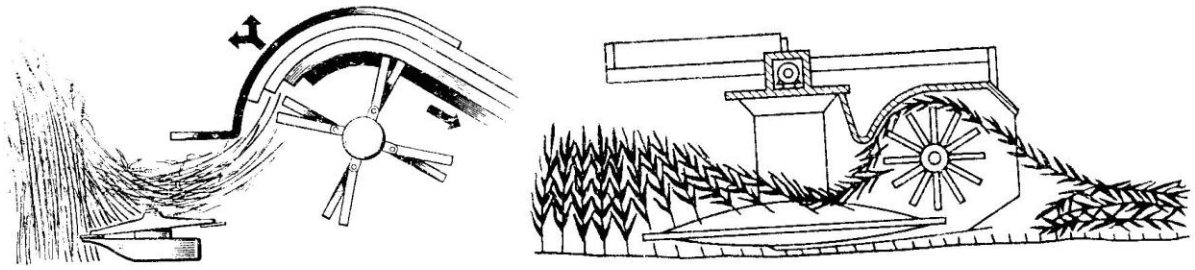


Рис. 3. Напрямок руху зрізаних стебел: *а* – при роботі косарки підпірного зрізування; *б* – при роботі косарки без підпірного зрізування; *1* – пальцьовий брус; *2* – сегмент; *3* – палець; *4* – диск; *5* – ніж; $V_м$ – напрямок руху косарки.

Прихильники підпірного зрізування вигідного використали напрям руху зрізаних стебел зернових культур (суцвіттям вперед) у прямоточному комбайні ПК-2 (СРСР, 1957 р.) фірми «Массей Фергюсон» у комбайні «MF-36». Цим самим вони продовжили традиції молотильників ручним ціпом, коли обмолот починали саме з колосової частини хлібних культур. При цьому це зерно відбирали окремо як насіннєвий матеріал.

Прихильники безпідпірного зрізування трав для штучного способу приготування сіна і сінажу використовують ротаційні косарки-плющилки і з апаратами динамічної дії. Такі апарати представляють собою горизонтально обертальний барабан (вал) з шарнірно підвішеними билами, які знімають зрізану травяну масу з різального апарата, сплющують стебла і спрямовують їх у рихлий прокіс або валок, що легко продувається вітром. За даними фірм далекого зарубіжжя, такий апарат, порівняно з вальцьовим, забезпечує більш інтенсивне сушіння скошених трав. Проте такі апарати при збиранні бобових трав збільшують втрати листків із суцвіттям. Ось чому вальцьові апарати рекомендують для плющення бобових трав, бильні – злакових трав. Фірма Джон Дір виробляє косарку-плющилку з бильним апаратом (рис. 4, *а*), проте частота обертання вала з билами регульована – 610 об/хв. (для люцерни) і 850 об/хв. (для злакових трав). Варто відмітити, що кількість моделей з бильними апаратами у країнах далекого зарубіжжя щорічно збільшується.

На рис. 4, *б* зображено схему ротаційної косарки-плющилки з верхнім приводом двох роторів з бильним апаратом. Ширина захвату такої машини 2,4 м, а ножів на роторі *5*, що не характерно для косарок-плющилок такого класу, в яких ножів на роторі 1 або 2. Збільшення кількості ножів, при одній і тій же коловій швидкості ножа, неминуче призводить до повторного перерізання зрізаного стебла, а це втрати врожаю.



а б

Рис. 4. Схема технологічного процесу ротаційної косарок-плющилок: *а* – моделі 1320 фірми Джон Дір (США); *б* – моделі 1180 фірми Хестон (США).

Фахівці провели тестування параметрів ротаційних косарок-плющилок шириною захвату від 3,02 до 3,20 м провідних фірм далекого зарубіжжя, огляд цих параметрів наведені в табл. 1.

Дані табл. 1 свідчать, що фірми далекого зарубіжжя виробляють косарки-плющилки з коловою швидкістю ножів до 90 м/с з теоретично можливою робочою швидкістю до 38,37 км/год. Звичайно з такими параметрами процес заготівлі сіна і сінажу буде

високопродуктивним. Проте виникає питання – «Де знайти такі сіножаті, на яких можна рухатися з такою швидкістю скошувального агрегата?».

1. Огляд параметрів косарок-плющилок шириною захвату від 3,02 до 3,20 м.

Фірма	Claas	Deutz-Fahr	Fella	JF Stoll	Krone	Kuhn	Lely
Модель	Disko 3100C Contour	Disk Master 632 T	SM 310 TL	GX 3205	Easy Cut 320	GMD 802	Splendimo 320M
Ширина захвату, м	3,02	3,18	3,00	3,10	3,15	3,11	3,20
Кількість дисків, шт	7	8	6	8	7	8	8
Діаметр дисків, см	42	45	47	34	43	40	35
Виступ ножів, мм	55	73	60	52	62	55	67
Частота обертання дисків, об/хв.	3250	2920	2880	3000	2925	3000	3000
Колова швидкість ножів, м/с	90	84	89	80	85	80	72
Робоча швидкість (теоретична), км/год	21,45	38,37	20,74	18,72	21,75	19,80	24,12

Ротаційні косарки-плющилки вітчизняного виробництва стійко виконують технологічний процес при коловій швидкості ножів 65 м/с і швидкості агрегата до 15 км/год. При цьому на наших полях таке навантаження на тракториста не з легких. Штучна заготівля сіна і сінажу здійснюється не тільки за допомогою механізації, а і електрифікації.

Цікаве рішення в цьому питанні запропонував молодий вчений А.А. Собліров [4], у спроектованій і виготовленій ним тракторній косарці-плющилці. В такій скошена трава одночасно підлягає механічній і електричній обробці. Скошена трава спочатку пропускається через плющильні вальці, до яких підведено напругу від встановленого на косарці-плющилці електричного генератора. Завдяки цьому через розплющену масу весь час проходить електричний струм. Одночасна дія механічного тиску і електричного струму викликає інтенсивне руйнування рослинних тканин, розрив оболонок клітин, у результаті чого відбувається вивільнення вологи із зеленої маси і процес випаровування води з неї різко

прискорюється. Така комбінована обробка у 1,8–2,5 рази зменшує час наступного сушіння трав, а поживна цінність сіна чи сінажу залишається високою, у 2 рази більшою, ніж при природному сушінні. Можливе розташування деки для плющення зрізаних стебел плющильним апаратом динамічної дії може бути таким, який зображений на рис. 5 [3].

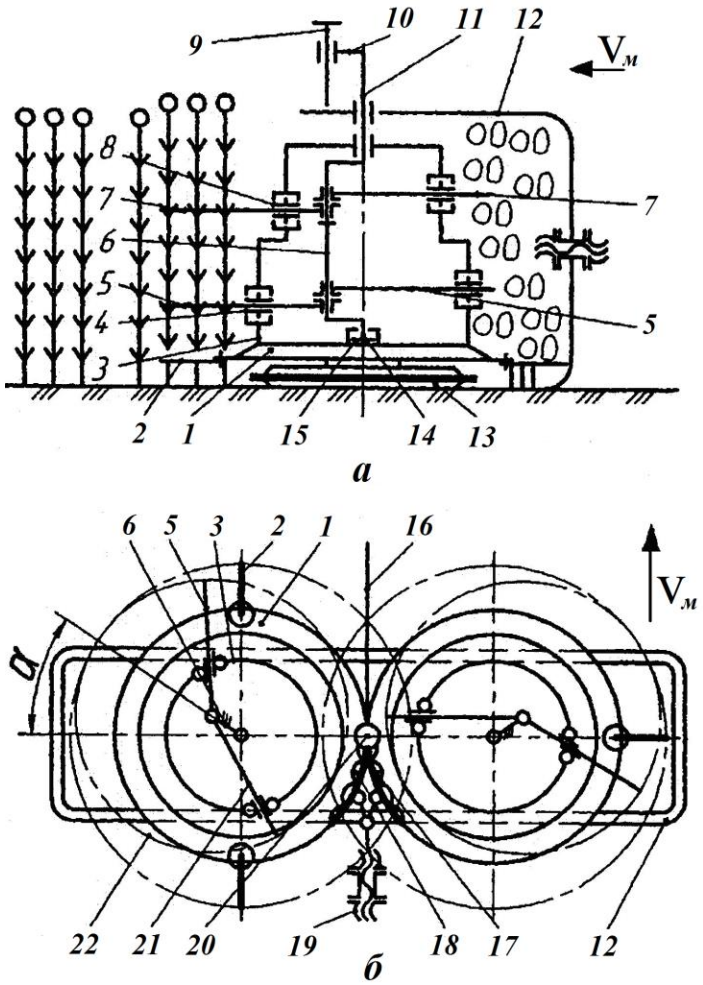


Рис. 5. Схема ротаційної косарки-плющилки: *а* – вигляд збоку; *б* – вигляд зверху; *1* – диск; *2* – ніж; *3* – двоступінчастий барабан; *4* – вічко; *5* – било; *6* – колінчаста вісь; *7* – било верхнього ярусу; *8* – вічко верхнього ярусу; *9* – болт; *10* – важіль; *11* – довга цапфа; *12* – рама; *13* – корпус циліндричного редуктора; *14* – коротка цапфа; *15* – порожнистий болт; *16* – подільник; *17* і *18* – диск; *19* – механізм регулювання зазора між деками і билами; *20* – вісь повороту дек; *21* – била другого ярусу; *22* – траекторія руху бил.

Такий апарат містить ротаційну косарку з нижнім приводом дисків *1* з ножами *2* і циліндричними шестернями, розташованими в корпусі редуктора *13*. До дисків *1* жорстко закріплені двоступінчасті циліндричні барабани *3*. Верхні ступені барабана мають менші

діаметри (колова швидкість більша), а нижні ступені – навпаки. Вічка *8* шарнірно розміщені на ступенях барабана *3* через які вільно пропущені била *5*, що вільно обертаються на колінчастій осі *6*. Остання короткою цапфою *14* спирається на порожнистий болт, який закріплений до диска *1*. Довга цапфа *11* колінчастої осі вільно пропущена через верхню частину ступінчастого барбана і нерухому раму *12* косарки-плющилки і болтом *9* жорстко фіксується до цієї рами. Положення колінчастої осі регульоване. Така конструкція ротаційної косарки-плющилки дає можливість розташовувати деки *17* і *18* для плющення билами *5* стебел зрізаної рослини. Зазор між деками і билами регульованй за допомогою спеціального механізма *19*. Для оцінки якості роботи різального і плющильного апаратів ротаційної косарки-плющилки варто нагадати деякі основні результати дослідженнь. Швидкісна кінозйомка процесу різання трав апаратом безпідпірного різання двома ножами при їх коловій швидкості 100 м/с свідчить, що суміжний ніж диска діє на зрізане стебло 8 разів, а при коловій швидкості 65 м/с - 2 рази при одній і тій же подачі на ніж (робочій швидкості). При цьому відхилення стебла від вихідного положення відповідно: при першому ударі становило 3 мм, при другому і третьому – 5. Кількість ударів ножа при коловій швидкості ножів 65 м/с за період зрізування становила 3 мм, за період по зрізаній частині стебла – 2. При коловій швидкості ножа 100 м/с ударів ножа по стеблу в період зрізування і в період по зрізаному стеблу становило 8, відхилення стебла від вихідного положення відсутнє.

При випробуванні косарки КРН-2,1 (Росія, 1974 р. Подольска МВС), при швидкості агрегата 4,2 м/с, в якої колова швидкість ножів 65 м/с, а ножів на диску 2 втрати врожаю загальні становили 2,52 ц/га: з них від підвищеної висоти стерні 0,05%, частинок стебла з повторних зрізом до 6 см – 1,09 %, наявність частинок зрізаного стебла від 6 до 15 см – 0,79%, тобто втрати врожаю із-за повторного зрізування становила 1,09+0,79 =1,88%. При цьому враховано, що при наступному збиранні врожаю граблями частинки стебла довжиною до 10 см не збираються.

Для косарки підпірного різання типу КС-2,1 загальні втрати врожаю при швидкостях 4,2…5,0 м/с становили – 1,25 ц/га. При цьому втрати врожаю від надмірної висоти зрізування становили 0,53%. Варто нагадати, що робота косарки КС-2,1 на швидкості 15 км/год без частих забивань різального апарата практично неможлива. На перший погляд на втрати врожаю із-за повторного перерізаних зрізаних стебел косаркою КРН-2,1 порівняно незначні. Проте треба мати на увазі ще можливі втрати врожаю при наступних операціях при штучному заготівлі сіна і сінажу: плющенні, згрібанні

травяної маси граблями, транспортуванні пров`яленої маси до місця скиртування чи сінажної башні або підбиранні валків і пресуванні у паки тощо. При наведених операціях не уникнути додаткових втрат врожаю.

Висновки

1. У ротаційних косарках-плющилках і в майбутньому найдуть застосування ротаційні різальні апарати безпідпірного зрізування, як такі, що можуть працювати при швидкостях 15 км/год незалежно від стану травостою: високоврожайний, переплутаний, високий – тобто мають велику продуктивність.

2. У ротаційних косарок-плющалок незалежно від кількості роторів: 8, 6 чи 4 – бажано, щоб ротори обертались попарно назустріч один проти другого, привод роторів нижній за допомогою циліндричних шестерень (прямозубих чи косозубих), форма ротора у вигляді еліптичного (овального) диска, мінімальна кількість ножів на роторі 1, оптимально 2, колова швидкість ножів 65 м/с.

3. У ротаційному різальному апараті не доцільно використовувати гвинтові ротори [2] для забезпечення перекриття зон різання суміжних роторів і уникнення повторного перерізання зрізаних стебел, так як ускладнюється конструкція косарки-плющилки, гвинтові ротори утворюють повітряний потік, на який витрачається додаткова потужність. Крім цього відомі надійні в роботі еліптичні ротори і ножі аркоподібної форми (косарка КРС-2, Київський завод ім. Лепсе 1993 р.).

4. Не доцільно завищувати колову швидкість ножів роторів до 90 м/с, а оберти роторів до 3250 об/хв., що дає можливість працювати косарці на швидкості до 38 км/год – це не реально.

5. Плющильні апарати динамічної дії і надалі знайдуть широке застосування завдяки зрізанню стебел суцвіттям вперед по напрямку ходу косарки-плющилки або використовуючи штучно цей процес при проектуванні [3].

6. Є необхідність у проведенні досліджень впливу електричного струму на плющення зрізаних трав апаратом запропонованим А. А. Собліровим [4, С. 42, 102].

Список літератури

1. *Історія* техніки: від жатного візка галлів до обчісувальної жатки : монографія / *О. М. Погорілець, О. П. Деркач, І. Л. Роговський.* – К.: АграрМедіаГруп, 2013. – 125 с.

2. *Особов В. И.* Сеноуборочные машины и комплексы / *В. И. Особов, Г. К. Васильев*. – М.: Машиностроение, 1983. – 304 с.

3. *Патент* 80883 Україна Кл. АО1D 43/00. Косарка-плющилка ротаційна / *О. М. Погорілець, В. С. Майданович, В. А. Борисенко*. – Опубл. 12.11.2007, Бюл. №18.

4. *Славин Р. М.* Не только механизация… / *Р. М. Славин*. – М.: Агропроиздат, 1987. – 240 с. (С. 102).
5. *Українська* сільскогосподарська енциклопедія. Том. 3. – К., 1972. – Сіно, сінаж. – С. 243.

Аннотация. *Обоснованные геометрические, кинематические и силовые параметры и режимы работы режущего аппарата для скашивания высокоурожайных травостоя независимо от его состояния и плющильного аппарата динамического действия с сохранением кормовых ценностей и уменьшением потерь урожая при искусственной заготовки сена и сенажа.*
Ключевые слова: ***тенденция, развитие, косилка, плющилка***

Annotation. *Reasonable geometric, kinematic and power parameters and modes of operation of the cutting apparatus for the cutting of high grass, regardless of its status and calender machine dynamic action while preserving nutritional value and a decrease in yield losses in the artificial hay and silage.*
Key words: ***trend, development, cutting machine, flatting machine***

УДК 514.18

КОНСТРУЮВАННЯ МІНІМАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ІЗОТРОПНОЇ КРИВОЇ, ЯКА ЛЕЖИТЬ НА ПОВЕРХНІ КАТЕНОЇДА

С. Ф. Пилипака, доктор технічних наук
М. М. Муквич, докторант*

Анотація. *У статті здійснено конструювання мінімальних поверхонь із використанням ізотропної кривої, яка лежить на поверхні катеноїда. Використано аналітичну умову віднесення катеноїда до ізометричних координат.*
Ключові слова: ***ізотропна крива, мінімальна поверхня, лінійний елемент поверхні, катеноїд***

Постановка проблеми. Конструювання та аналітичний опис мінімальних поверхонь є важливою проблемою геометричного моделювання, зумовленою їх застосуванням при проектуванні поверхонь технічних форм та архітектурних конструкцій. До мінімальних поверхонь приводить геометрична задача: знайти

***Науковий консультант – доктор технічних наук С. Ф. Пилипака**

© С. Ф. Пилипака, М. М. Муквич, 2016

поверхню, яка проходить через замкнену криву (контур) і має найменшу площу [8]. Зокрема, мінімальні поверхні та поверхні сталої середньої кривини використовуються при проектуванні перехідних оболонок для з'єднання двох циліндричних труб різних діаметрів при мінімальній величині площі поверхні [6] та у багатьох інших задачах проектування технічних форм.

Аналіз останніх досліджень. Теорія мінімальних поверхонь налічує багато способів аналітичного опису. Ряд учених досліджували мінімальні поверхні засобами варіаційного та тензорного числення [1, 6]. Основною проблемою аналітичного опису мінімальних поверхонь є труднощі, пов'язані із знаходженням їх параметричних рівнянь. Зокрема, для математичного опису мінімальної поверхні використовувався точковий каркас цієї поверхні з опорним контуром у формі ромба або паралелограма [2]. У роботі [5] досліджувалось конструювання мінімальної поверхні, яка проходить через наперед задану криву. Але аналітичний опис отриманої поверхні, близької до мінімальної, було представлено за допомогою еліптичних функцій.

Конструювання неперервного каркасу мінімальних поверхонь пов'язане із знаходженням аналітичного опису ізотропних кривих нульової довжини [8]. У дисертаційному дослідженні [4] знайдено способи конструювання просторових ізотропних кривих за формулами Шварца та Вейєрштрасса [8], і на основі рівнянь ізотропних кривих побудовано мінімальні та приєднані до них поверхні. У дисертаційному дослідженні [3] роглянуто побудову мінімальних поверхонь за допомогою ізотропних кривих Без'є та застосовуються ізотропні прямі, які визначають сторони характеристичних многокутників. Отже, для розв'язання проблеми конструювання неперервного каркасу мінімальних поверхонь важливим є розширення способів утворення ізотропних кривих.

Мета досліджень. Знайти аналітичний опис ізотропних кривих, які лежать на поверхні катеноїда, використавши аналітичну умову того, що координатні лінії катеноїда утворюють ізометричну систему. На основі вказаних ізотропних кривих побудувати мінімальні поверхні та приєднані до них.

Результати досліджень. Дві сім'ї координатних ліній поверхні, віднесеної до ізометричної системи, відображаються у вигляді нескінченно малих квадратів [3]. У роботі [7] наведено алгоритм відшукання параметричних рівнянь меридіана поверхні обертання, при якому поверхня буде віднесена до ізометричних координат.

Розглянемо катеноїд – поверхню обертання ланцюгової лінії навколо осі Oz, який задано параметричними рівняннями:

$$X(t;v)=\mathrm{ch}(t)\cdot\cos v;$$
$$Y(t;v)=\mathrm{ch}(t)\cdot\sin v; \qquad (1)$$
$$Z(t;v)=t,$$

де: $t\in R,\ v\in[0;\ 2\pi)$.

Знайдемо коефіцієнти першої квадратичної форми катеноїда за формулами [9]:

$$E=\left(\frac{\partial X}{\partial t}\right)^2+\left(\frac{\partial Y}{\partial t}\right)^2+\left(\frac{\partial Z}{\partial t}\right)^2;$$
$$F=\frac{\partial X}{\partial t}\frac{\partial X}{\partial v}+\frac{\partial Y}{\partial t}\frac{\partial Y}{\partial v}+\frac{\partial Z}{\partial t}\frac{\partial Z}{\partial v}; \qquad (2)$$
$$G=\left(\frac{\partial X}{\partial v}\right)^2+\left(\frac{\partial X}{\partial v}\right)^2+\left(\frac{\partial X}{\partial v}\right)^2,$$

Диференціюючи вирази (1), після перетворень, згідно (2), отримаємо: $E=G=\mathrm{ch}^2(t);\ F=0.$ Тоді лінійний елемент катеноїда, віднесеного до ізотермічної системи, має вигляд:

$$ds=\mathrm{ch}^2(t)\cdot\left(dv^2+dt^2\right). \qquad (3)$$

Розклавши на множники вираз (3) отримаємо:

$$ds=\mathrm{ch}^2(t)\cdot(dv-i\cdot dt)(dv+i\cdot dt),$$

де: i – уявна одиниця.

Прирівнюючи до нуля праву частину останньої рівності, після інтегрування отримаємо:

$$v=i\cdot t+C\quad, \qquad (4)$$

або

$$v=-i\cdot t+C, \qquad (5)$$

де: C – довільна стала інтегрування.

Вирази у правій частині рівностей (4) та (5) називають координатами Дарбу (Darboux) [8].

Лінійний елемент (3) катеноїда визначає довжину будь-якої кривої, яка лежить на його поверхні. Тому при підстановці виразів (4) або (5) у параметричні рівняння катеноїда (1) отримаємо параметричні рівняння двох сімей уявних ізотропних кривих нульової довжини. Зокрема, при підстановці виразу (4) у рівняння (1) для кожного значення C отримаємо параметричні рівняння уявної ізотропної кривої, яка лежить на поверхні катеноїда:

$$x(t)=\mathrm{ch}(t)\cdot\cos(i\cdot t+C);$$
$$y(t)=\mathrm{ch}(t)\cdot\sin(i\cdot t+C); \qquad (6)$$
$$z(t)=t.$$

Із метою знаходження рівнянь мінімальної та приєднаної до неї мінімальної поверхні для функцій комплексної змінної (6) уведемо

заміну [8]: $t = u + i \cdot v$. Тоді отримаємо параметричні рівняння мінімальної поверхні [8] $X(u,v), Y(u,v), Z(u,v)$:

$$X(u,v) = \mathrm{Re}\{x(u+i\cdot v)\};\ Y(u,v) = \mathrm{Re}\{y(u+i\cdot v)\};\ Z(u,v) = \mathrm{Re}\{z(u+i\cdot v)\}; \quad (7)$$

та приєднаної поверхні $X^*(u,v), Y^*(u,v), Z^*(u,v)$:

$$X^*(u,v) = \mathrm{Im}\{x(u+i\cdot v)\};\ Y^*(u,v) = \mathrm{Im}\{y(u+i\cdot v)\};\ Z^*(u,v) = \mathrm{Im}\{z(u+i\cdot v)\}. \quad (8)$$

Відокремивши дійсну та уявну частину для кожної з функцій (6), маємо рівняння мінімальної поверхні:

$$\begin{aligned} X(u,v) &= \cos(C-v)\cdot\cos(v)\cdot \mathrm{ch}^2(u) + \sin(C-v)\cdot\sin(v\cos\beta)\cdot \mathrm{sh}^2(u); \\ Y(u,v) &= \sin(C-v)\cdot\cos(v)\cdot \mathrm{ch}^2(u) - \cos(C-v)\cdot\sin(v)\cdot \mathrm{sh}^2(u); \\ Z(u,v) &= u; \end{aligned} \quad (9)$$

та приєднаної поверхні:

$$\begin{aligned} X^*(u,v) &= -\frac{1}{2}\sin(C-2v)\cdot \mathrm{sh}(2u); \\ Y^*(u,v) &= \frac{1}{2}\cos(C-2v)\cdot \mathrm{sh}(2u); \\ Z^*(u,v) &= v. \end{aligned} \quad (10)$$

де: C – довільна стала інтегрування.

На рис. 1 зображено відсік мінімальної поверхні, побудованої за рівняннями (9) при $C = \pi;\ u \in [-1;\ldots 1];\ v \in [-1;\ldots 1]$.

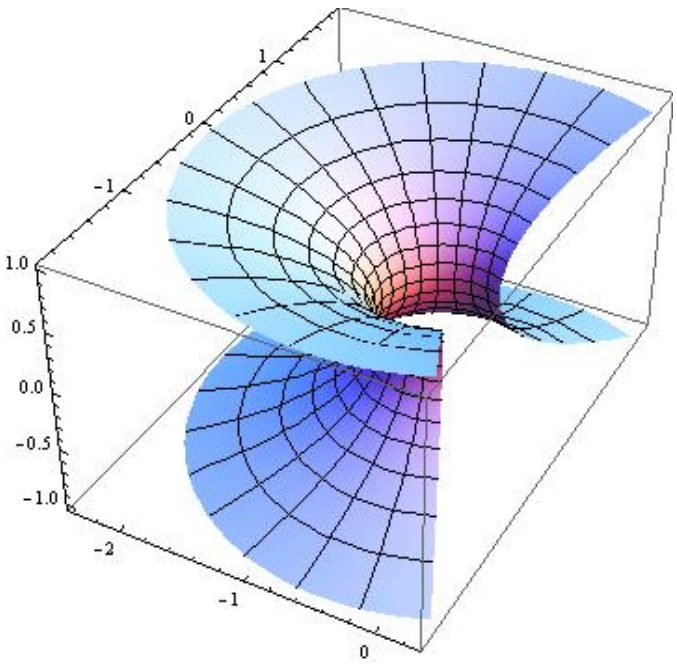


Рис. 1. Відсік мінімальної поверхні, побудованої за рівняннями (9).

Приєднана мінімальна поверхня, утворена за рівняннями (10) при $C = \pi;\ u \in [-1;\ldots 1];\ v \in [-1;\ldots 1]$, має форму гвинтового коноїда і побудована на рис. 2 та рис. 3 відповідно.

Коефіцієнти першої квадратичної форми мінімальної поверхні (9) та приєднаної поверхні (10), знайдені за формулами (2), дорівнюють:

$$E = G = ch^2(2u);\ F = 0. \tag{11}$$

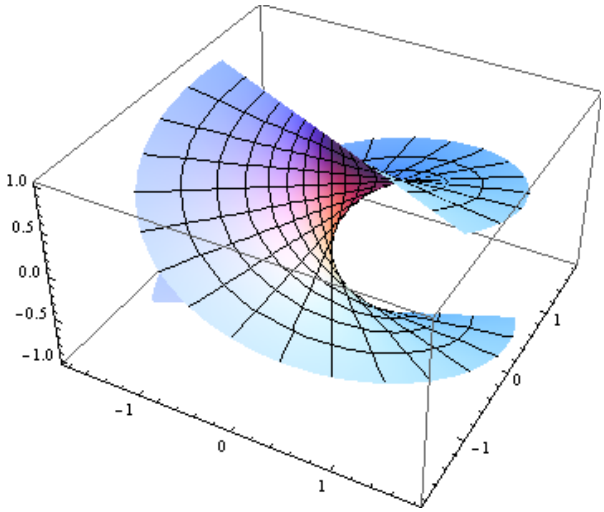


Рис. 2. Аксонометрія приєднаної мінімальної поверхні, побудованої за рівняннями (10).

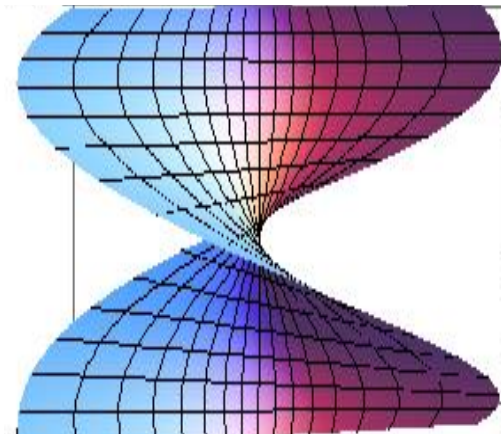


Рис. 3. Фронтальна проекція приєднаної мінімальної поверхні.

Коефіцієнти другої квадратичної форми мінімальної поверхні (9) та приєднаної поверхні (10), знайдені за відомими формулами диференціальної геометрії [9], перетворюють вираз середньої кривини $H = \dfrac{E \cdot N - 2 \cdot F \cdot M + G \cdot L}{2(E \cdot G - F^2)}$, для кожної із указаних поверхонь, до нуля. При підстановці виразу (5) у рівняння (1) для кожного значення C отримаємо параметричні рівняння іншої уявної ізотропної кривої, яка лежить на катеноїді:

$$\begin{aligned} x(t) &= \mathrm{ch}(t) \cdot \cos(-i \cdot t + C); \\ y(t) &= \mathrm{ch}(t) \cdot \sin(-i \cdot t + C); \\ z(t) &= t. \end{aligned} \tag{12}$$

Використовуючи для функцій комплексної змінної (12) заміну $t = u + i \cdot v$, можна знайти за формулами (7) і (8) параметричні рівняння мінімальної поверхні та приєднаної до неї. Параметричні рівняння вказаних мінімальних поверхонь відрізняються від поверхонь, заданих рівняннями (9) і (10), тільки довільною сталою C, мають одні й ті самі коефіцієнти першої та другої квадратичних форм, тобто допускають паралельне перенесення одна на одну у системі координат.

Вираз (3) можна розкласти на множники у вигляді:

$$ds = \mathrm{ch}^2(t) \cdot (dt - i \cdot dv)(dt + i \cdot dv) \quad . \tag{13}$$

Прирівнюючи до нуля праву частину рівності (13), після інтегрування отримаємо:

$$t = i \cdot v + C \text{ або } t = -i \cdot v + C. \qquad (14)$$

Підставивши вирази (14) у параметричні рівняння катеноїда (1), отримаємо рівняння двох сімей уявних ізотропних кривих нульової довжини. Для кожного значення C за знайденими ізотропними кривими можна побудувати мінімальні поверхні та приєднані до них. Тоді, у знайдених параметричних рівняннях мінімальної та приєднаної поверхонь, у порівнянні з виразами (9) і (10) відповідно, змінні t і v "поміняються місцями". Але утворені поверхні матимуть рівні коефіцієнти першої та другої квадратичних форм із мінімальними поверхнями (9) і (10), тобто допускатимуть паралельне перенесення одна на одну.

Висновок. На поверхні катеноїда можна побудувати дві сім'ї ізотропних ліній і кожній лінії поставити у відповідність мінімальну поверхню та приєднану до неї. Спосіб аналітичного опису уявної ізотропної кривої, яка лежить на поверхні катеноїда, дозволяє керувати процесом утворення мінімальних поверхонь при відокремленні дійсної та уявної частин функції комплексної змінної.

Список літератури

1. *Агальцев А. В.* Моделирование минимальных поверхностей / *А. В. Агальцев* // Прикладная геометрия и инженерная графика. – К.: Будівельник, 1969. – № 9. – С. 94–96.

2. *Агальцев А. В.* Определение точечного каркаса минимальной поверхности методом правильной косоугольной сетки / *А. В. Агальцев, М. П. Сапаговас* // Прикладная геометрия и инженерная графика. – К.: Будівельник, 1973. – № 16. – С. 54–56.

3. *Аушева Н. М.* Геометричне моделювання об'єктів дійсного простору на основі ізотропних характеристик : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.01.01 / *Н. М. Аушева*. – К.: КНУБА, 2014. – 38 с.

4. *Коровіна І. О.* Конструювання поверхонь сталої середньої кривини за заданими лініями інциденції : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.01.01 "Прикладна геометрія, інженерна графіка" / *І. О. Коровіна*. – К.: КНУБА, 2012. – 20 с.

5. *Курек Г. К.* Пример задания минимальной поверхности линейным каркасом/ *Г. К. Курек* // Прикладная геометрия и инженерная графика. – К.: Будівельник, 1974. – № 18.– С. 39–43.

6. *Пульпинский Я. С.* Математическое моделирование оболочек вращения сложных форм : автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ" / *Я. С. Пульпинский*. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2006. – 20 с.

7. *Несвідомін В. М.* Конструювання поверхонь обертання, віднесених до ізометричних сіток координатних ліній / *В. М. Несвідомін, Т. С. Кремець* // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2012. – № 89. – С. 271–276.

8. *Фиников С. П.* Теория поверхностей / *С. П. Фиников*. – М.-Л.: ГТТИ, 1934. – 206 с.
9. *Норден А. П.* Теория поверхностей / *А. П. Норден*. – М.: ГТТЛ, 1956. – 261 с.

Аннотация. *В данной работе осуществлено конструирование минимальных поверхностей с использованием изотропной кривой, которая находится на поверхности катеноида. Использовано аналитическое условие того, что координатные линии катеноида образуют изометрическую систему.*

Ключевые слова: ***изотропная кривая, минимальная поверхность, линейный элемент поверхности, катеноид***

Annotation. *In paper the design of minimal surfaces using isotropic curve that lies on the surface of the catenoid. It uses analytical condition that the coordinate lines catenoid form isometric system.*

Key words: ***isotropic curve, the minimum surface, line element surface, catenoid***

УДК 658.382.3

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК НА АГРАРНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ НА БАЗІ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ

О. В. Войналович, О. А. Гнатюк, кандидати технічних наук

Анотація. *Проаналізовано структуру системи відстеження потенційних небезпек в аграрній галузі та застосовні методи оцінення виробничих ризиків. Описано алгоритми визначення виробничих ризиків та межі їх оцінок щодо характеристик небезпек на робочих місцях сільськогосподарського виробництва. Для кількісного оцінення ризиків на механізованих процесах у рослинництві та тваринництві запропоновано використовувати розроблений класифікатор.*

Ключові слова: ***виробничі небезпеки, система управління охороною праці, ризик-орієнтований підхід, професійний ризик трактористів-машиністів***

Поставлення проблеми. Для зменшення ступеню впливу виробничих чинників на зародження і формування аварійних та

© О. В. Войналович, О. А. Гнатюк, 2016

травмонебезпечних процесів, важливим є впровадження дієвої системи управління охороною праці (СУОП) на аграрному підприємстві відповідно до умов і реалій сільськогосподарського виробництва, що склалися нині. Впровадження такої системи є необхідним кроком на шляху зниження професійного ризику трактористів-машиністів АПК України.

СУОП має сприяти створенню належних і безпечних умов праці під час експлуатації сільськогосподарської техніки. Тобто, має бути запроваджено дієвий профілактичний контроль як за технічним станом машин і засобів, так і за професійним рівнем працівників з точки зору їх вмінь і навичок щодо безпечного ведення робіт.

Аналіз останніх досліджень. Питанню впровадження системи управління охороною праці та ризиками в АПК нині приділяють значну увагу науковці та фахівці [1, 2], але методологія ризик-менеджменту з охорони праці в аграрній галузі ще не знайшла достатнього наукового обґрунтування і практичної реалізації на законодавчому рівні. Зважаючи на євроінтеграційні прагнення нашої держави, відповідним державним органам варто активізувати приведення нашого законодавства з охорони праці у відповідність до норм та стандартів, що діють у країнах ЄС.

Створення системи управління охороною праці та ризиками на підприємстві чимало дослідників пропонують розглядати як один з основних способів вирішення проблеми травматизму і професійної захворюваності [3, 4].

Поширеною є теза, що близько 75–80% усіх травм і аварій трапляються з вини людини [5, 6]. Через це багато науковців під час вивчення природи травм в основу аналізу причин виробничого травматизму ставлять ергономічні принципи, застосування яких дозволить кількісно встановити найнебезпечніші складники роботи, виконуваної з великою кількістю помилок, а також основні психофізіологічні риси працівника, на які припадає найбільше навантаження і через недосконалість яких найчастіше трапляються помилки [7].

Інші дослідники [8] вважають, що основною причиною травматизму є неадекватне оцінення працівниками травмонебезпечних ситуацій і своїх можливостей щодо управління ними у відповідний момент часу, тобто недостатній рівень психофізіологічного потенціалу працівників, зумовленим їх втомою.

На механізованих процесах аграрного виробництва не варто недооцінювати небезпеку експлуатації несправної техніки, коли у деталях та вузлах розвиваються експлуатаційні дефекти, що може призвести до аварійних ситуацій на полях та дорогах [9, 10]. Зменшенню травматизму механізаторів та інших працівників

сприятиме запровадження регламенту оперативного, технічно оснащеного та систематичного контролю стану мобільної сільськогосподарської техніки. Це дозволить виявляти експлуатаційні дефекти на ранніх стадіях їх утворення після тривалого використання тракторів і самохідних сільськогосподарських машин та вчасно проводити ремонти вузлів із заміненням пошкоджених деталей у ремонтних підрозділах, а не у полі та на дорозі за умов дефіциту робочого часу та необхідного інструменту, відсутності у механізаторів (водіїв) необхідної кваліфікації для виконання оперативних ремонтів.

Виходячи із зазначеного, можна стверджувати, що виробничі ризики, зумовлені наявністю різноманітних небезпечних і шкідливих чинників організаційного, психофізіологічного та технічного характеру у виробничому довкіллі, можна суттєво знизити у рамках системи відстеження потенційних небезпек (СВПН) на базі ризик-орієнтованого підходу.

Мета досліджень. Розробити алгоритм впровадження системи відстеження потенційних небезпек на підприємствах аграрної галузі на основі методології оцінення і зниження виробничих ризиків.

Результати досліджень. Комплексну систему управління охороною праці в АПК України, в якій задіяно як органи державної влади, так і підприємства галузі та громадські організації, представлено на рис. 1 у вигляді блок-схеми.

Галузева СВПН має багато у чому повторювати систему управління охороною праці, адже необхідно систематизувати характерні (типові) виробничі ризики, розробляти та впроваджувати заходи з охорони праці на схожих робочих місцях, контролювати ступінь зниження виробничих ризиків, формувати групи експертів та ін. Але існують й певні відмінності. Так, поза системою відстеження потенційних небезпек не повинні залишитися фермерські та одноосібні господарства.

У СВПН в АПК в основу покладено методологію визначення можливих небезпек та оцінення ризиків.

Перевагу надають класичному (враховує ймовірність настання нещасних випадків та їх важкість) і бальному (враховує ще й тривалість наявності небезпеки) методам, а також більш сучасним методам ***Hazor*** (оцінення небезпек і працездатності обладнання – передбачає систематичний аналіз параметрів конструкції та технологічного процесу щодо їх відхилів від допустимих значень), ***FMEA*** (аналіз характеру відмов та наслідків) та дерева відмов [11].

Згідно з класичним методом виробничі ризики виокремлюють на п’ять категорій: незначні (знехтувані), допустимі, середні, серйозні та недопустимі.

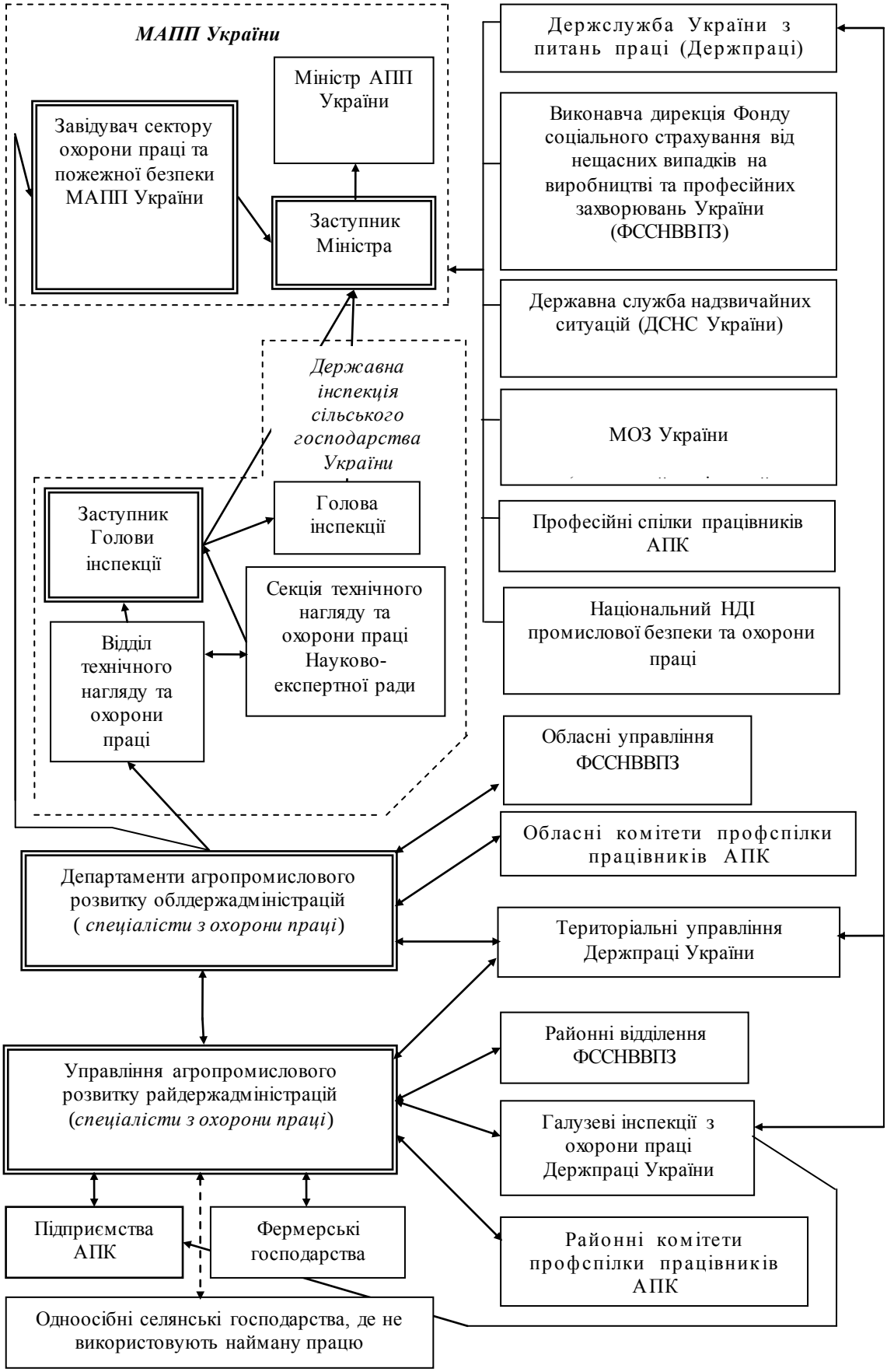


Рис. 1. Блок-схема системи управління охороною праці в аграрній галузі.

Методика оцінення ризиків передбачає виконання таких етапів: 1) ідентифікувати небезпеки; 2) визначити величину ризику; 3) встановити, чи ризик переважає допустимі значення; 4) розробити план заходів для зниження ризиків; 5) скоригувати план згідно з наявними виробничими умовами та ресурсами. У класичному методі оцінення ризиків величину ризику (***R***) визначають як добуток ймовірності настання нещасного випадку (***P***) та серйозності (важкості) наслідків (***S***). Без проведення обчислень величину ризику можна оцінити з табл. 1.

1. Таблиця якісного оцінення виробничих ризиків.

Ймовірність *P*	Важкість наслідків *S*		
	Незначні (легкі наслідки)	Середні (серйозні наслідки)	Важкі (смерть, каліцтво)
Низька	Знехтуваний	Допустимий	Середній
Середня	Допустимий	Середній	Серйозний
Висока	Середній	Серйозний	Недопустимий

Бальний метод оцінення ризиків дозволяє врахувати також тривалість наявності небезпеки (*E*). Згідно з цим методом кожному із співмножників формули $R = P \cdot S \cdot E$ присвоюють певну (умовну) кількість балів, користуючись табл. 2.

2. Градація балів щодо важкості, ймовірності настання нещасного випадку та тривалості впливу небезпечних чинників.

Можливі наслідки				Ймовірність настання			Тривалість небезпеки	
S, бали	Втрати	Людські втрати	Матеріальні втрати	*P*, бали	Опис	%	*E*, бали	Опис
100	Катастрофи	Велика кількість	Понад 10 млн. $	10	Дуже ймовірно	50	10	Постійна дія
40	Великі аварії	Смерть кількох людей	3 млн. $ - 10 млн. $	6	Ймовірно	10	6	Щодня
15	Дуже великі	Смерть 1 людини	300 тис. $ - 3 млн. $	3	Можливі як виняток	1	3	Один раз на тиждень
7	Великі	Серйозні поранення	10 тис. $ - 300 тис. $	1	Можливо нечасто	0,1	2	1 раз на місяць

Продовження табл. 2

Можливі наслідки				Ймовірність настання			Тривалість небезпеки	
S, бали	Втрати	Людські втрати	Матеріальні втрати	*P*, бали	Опис	%	*E*, бали	Опис
3	Середні	Втрата працездатності	1 тис. – 10 тис. $	0,5	Можна взяти до уваги	0,01	1	Кілька разів на рік
1	Низькі	Перша допомога	До 1 тис. $	0,2	Практично неможливо	0,001	0,5	1 раз на рік
				0,1	Можливо лише теоретично	0,0001		

У табл. 2 величини балів представлено досить умовно, так щоб загальна бальна оцінка ризику для різних категорій перебувала у межах 1-1000 балів (табл. 3).

3. Узагальнена бальна оцінка ризику R.

Категорія ризику	Значення, бали
Незначний	Менше 20
Низький	20-70
Середній	70-200
Високий	200-400
Надвисокий	Понад 400

У методі Hazor група експертів встановлює відхили (зниження, збільшення) параметрів технологічного процесу та їх причини, оцінює наслідки у вигляді балів *P*, *S* та *R*, пропонує запобіжні заходи і розраховує залишковий ризик після їх впровадження. Алгоритм управління виробничими ризиками на підприємстві АПК представлено на рис. 2.

Згідно з методом *FMEA* досліджують можливі відмови елементів технічних систем (підсистем) та їх негативний вплив на стан системи загалом. В основу методу покладено визначення

пріоритетності небезпеки відмов (коефіцієнта пріоритету ризику *RPN*) на основі вибраних критеріїв. Засади визначення коефіцієнта *RPN* вказано у табл. 4. Алгоритм управління виробничими ризиками згідно з цим методом аналогічний представленому на рис. 2.

4. Підходи щодо визначення коефіцієнта пріоритету ризику RPN.

Важливість відмови	Серйозність наслідків	Бали	Частота відмови	Ймовірність відмови	Бали	*RPN*	Ризик
Вкрай висока	Смерть, повна втрата працездатності	9-10	Дуже часто	1/2-1/3	9-10	201-1000	Дуже високий
Висока	Суттєва втрата працездатності	7-8	Часто	1/4-1/20	7-8	101-200	Високий
Середня	Тривала хвороба	5-6	Помірно	1/30-1/2000	4-6	51-100	Середній
Низька	Незначні ушкодження	3-4	Нечасто	1/3000-1/150000	2-3	1-50	Низький
Дуже низька	Дискомфорт	1-2	Рідко	Понад 1/200000	1		

Рис. 2. Блок-схема управління виробничими ризиками на підприємстві АПК.

Для систем тракторів та мобільної сільськогосподарської техніки пріоритетності небезпеки відмов визначали залежно від наявності тріщин різного розміру в деталях [12]. Встановлено, що для оцінення ймовірності настання аварійних ситуацій під час експлуатації тракторів доцільно використовувати статистичні методи розпізнавання задач технічної діагностики, коли у методиці розрахунку ймовірності настання аварійних ситуацій аналізують дані не про лінійні розміри виявлених дефектів, а саме наявні ознаки, що у деталях експериментально знайшли тріщини різного ступеню небезпеки щодо зруйнування деталі. Це дозволило оцінити справність чи несправність трактора в ймовірнісному аспекті залежно від реалізацій комплексу ознак, тобто для можливих варіантів наявності чи відсутності тріщин різного відносного розміру.

Виробничі ризики згідно з методом «дерева відмов» аналізують для різних комбінацій небезпечних подій, що призводять до виникнення небезпечної ситуації (аварії) [13]. Для оцінення професійного ризику трактористів-машиністів було застосовано комп'ютерну програму *SAPHIRE*, що дозволяє з використанням критеріїв Фусела-Весели та Бірнбаума розрахувати ймовірність настання травмонебезпечної ситуації на основі множини ймовірностей базових подій.

На підставі проведених досліджень було встановлено, що серед причин виробничих травм та аварій у сільськогосподарському виробництві визначальна роль належить машиністу-трактористу (механізатору) з його рівнем професійної підготовки, фізичним та психічним станом на момент виникнення небажаної події.

То ж, для зменшення ступеню впливу зазначеного чинника на зародження і формування аварійних та травмонебезпечних процесів, важливим є впровадження на аграрному підприємстві СВПН на базі ризик-орієнтованого підходу.

Серед інших заходів має бути запроваджено дієвий профілактичний контроль як за технічним станом машин і засобів, так і за професійним рівнем працівників з точки зору їх вмінь і навичок щодо безпечного ведення робіт.

З іншого боку, розглядаючи місце та роль технічного чинника в механізмі утворення небезпечних ситуацій, можна виділити два його складники – конструкційний та експлуатаційний, які безпосередньо впливають на технічну безпеку машин (щодо запобігання отримання травм механічної природи). Тому впровадження працеохоронних концепцій і технологій ще на стадії проектування та дослідно-конструкторського розроблення техніки АПК має також стати важливим інструментом на шляху зниження професійного ризику трактористів-машиністів.

Впровадження розробленого авторами даної статті «Класифікатора ризику травматизму на механізованих процесах у рослинницькій та тваринницькій галузях сільськогосподарського виробництва» [14] у практику роботи керівників підприємств та фахівців служб охорони праці щодо оцінення ступеню потенційних небезпек на механізованих процесах і усунення найбільш загрозливих базових подій може суттєво знизити рівень професійного ризику трактористів-машиністів.

Висновок. Впровадження системи відстеження потенційних небезпек (СВПН) на підприємствах аграрної галузі на основі методології оцінення і зниження виробничих ризиків та розроблення заходів запобігання нещасним випадкам призведе до зменшення загального рівня професійного ризику, наближення його значення до розвинутих країн Євросоюзу, що, в свою чергу, дасть можливість переходу на більш високий рівень регулювання безпеки – культури безпеки праці.

Список літератури

1. *Гражданкин А. И.* Основные показатели риска аварии в терминах теории вероятностей / *А. И. Гражданкин, Д. В. Дегтярев, М. В. Лисанов, А. С. Печеркин* // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – № 7. – С. 35–39.
2. *Елисейкин В. А.* Применение вероятностных моделей механизированных процессов для идентификации методов и технических средств охраны труда / *В. А. Елисейкин* // Сб. научных трудов. Пути повышения безопасности в агропромышленном производстве. – СПб, 1993. – С. 92–108.
3. *Левашов С.* Технология аналитического расследования причин несчастных случаев и инцидентов / *С. Левашов* // Безопасность труда в промышленности. – 2012. – № 11. – С. 79–81.
4. *Грачев Н.* Современное состояние и перспективы развития управления рисками в области безопасности труда на предприятиях АПК / *Н. Грачев* // Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве. – 2008. – № 11. – С. 8–12.
5. *Комар А. С.* Аналіз стану охорони праці в агропромисловому комплексі України / *А. С. Комар* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2. – Т. 3. – С. 75–80.
6. *Распонова Л. М.* Человеческий фактор как источник риска травмирования на производстве / *Л. М. Распонова, Т. Б. Гавриленко* // Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окружающей среды. Межвузовский сборник научных трудов. – Ростов-на-Дону, 2000. – С. 105–107.
7. *Черноиванов В. И.* Устранение рисков мерами организационного и управленческого характера на предприятиях технического сервиса сельскохозяйственной техники / *В. И. Черноиванов, Л. А. Буренко, Е. М. Филиппова, В. А. Казакова* // Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве. – 2012. – № 9. – С. 3–9.
8. *Загородних А.* Факторы, определяющие производственный травматизм на транспортных средствах в сельском хозяйстве / *А. Загородних, С. Копылов* // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2011. – № 2. – С. 57–62.

9. *Войналович О. В.* Аналіз причин травмування працівників АПК на механізованих та транспортних роботах / *О. В. Войналович, І. М. Подобєд, М. М. Мотрич, О. А. Сліпачук* // Проблеми охорони праці в Україні. Збірник наукових праць, 2012. – Вип. 24. – С. 38–49.
10. *Войналович О. В.* Незадовільний технічний стан мобільної сільськогосподарської техніки як одна з основних причин виробничого травматизму / *О. В. Войналович, Д. Г. Кофто, В. П. Голод* // Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Десятої Всеукраїнської науково-методичної конференції (з участю студентів), м. Київ, 13-15 травня 2014 р. – К.: НТУУ "КПІ", 2014. – С. 39–44.
11. *Левашов С. П.* Мониторинг и анализ профессиональных рисков в России и за рубежом: монография // *С. П. Левашов* ; под ред. *И. И. Манило*. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2013. – 345 с.
12. *Войналович О. В.* Підходи щодо створення методології оцінення ризику травмування працівників на механізованих процесах в АПК / *О. В. Войналович, М. М. Мотрич* // Електротехніка і механіка. – 2007. – № 1. – С. 93–101.
13. *Гнатюк О. А.* Оцінення ризику травмування механізаторів агропромислового комплексу від дій рухомих деталей і механізмів машин / *О. А. Гнатюк, О. О. Покутний, М. О. Лисюк* // Проблеми охорони праці в Україні. – К.: ДУ «ННДІПБОП», 2014. – Вип. 28. – С. 121–130.
14. *Войналович О. В.* Наукові засади розроблення класифікатора професійних ризиків на механізованих процесах у сільському господарстві // *О. В. Войналович, О. А. Гнатюк* // Міжвідомчий тематичний науковий збірник Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» «Механізація та електрифікація сільського господарства». – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2013. – Вип. 97. – Т. 2. – С. 58–66.

Аннотация. *Проанализирована структура системы мониторинга потенциальных опасностей в аграрной отрасли и используемые методы оценки производственных рисков. Описаны алгоритмы определения производственных рисков и пределы их оценок относительно характеристик опасностей на рабочих местах сельскохозяйственного производства. Для количественного оценки рисков на механизированных процессах в растениеводстве и животноводстве предложено использовать разработанный классификатор.*

Ключевые слова: ***производственные опасности, система управления охраной труда, риск-ориентированный подход, профессиональный риск трактористов-машинистов***

Annotation. *The structure of the system for monitoring potential hazards in the agricultural sector and apply methods of evaluating industrial risks are analesed. The algorithms of the determining production risks and limits of their assessments relating to the characteristics of hazards in the workplace agricultural production are described. For a quantitative risk assessment on the mechanized processes in crop and livestock production is proposed to use a developed classifier.*

Key words: ***industrial dangers, system safety management, risk-based approach, occupational hazard of tractor drivers***

УДК 631.363.7

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ШВИДКОГО ГРАВІТАЦІЙНОГО РУХУ ІНГРЕДІЄНТІВ КОМБІКОРМІВ ПРИ ЇХ ЗМІШУВАННІ

Д. І. Бойко, аспірант*
Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Анотація. *В результаті залучення законів механіки суцільних середовищ, зокрема законів збереження маси, змінення кількості руху, змінення кінетичного моменту і зберігання повної енергії проведено математичне моделювання швидкого гравітаційного руху сипких матеріалів і отримана система рівнянь їх динаміки, яка в подальшому буде використана для моделювання технологічного процесу дозувально-змішувального агрегату при приготуванні комбікормів.*

Ключові слова: ***суцільні середовища, сипкі матеріали, моделювання***

Постановка проблеми. Багато механічних процесів переробки сипких матеріалів і зокрема змішування інгредієнтів при приготуванні комбікормів відбуваються в режимі їх швидкого гравітаційного руху. Характерним для сипких матеріалів є присутність в них твердих частинок, простір між якими заповнений повітрям. В такому випадку сипкі матеріали представляють собою двофазне суцільне середовище і для визначення їх реологічних співвідношень виникає необхідність в залученні механіки багатофазних середовищ [1].

Швидкий гравітаційний рух сипких матеріалів супроводжується активною взаємодією частинок, внаслідок чого проявляються технологічно значущі ефекти змішування і розділення частинок. Названі ефекти не тільки суттєво впливають на кінетику технологічних процесів, але і часто використовуються в якості базових для організації технологічних процесів змішування, класифікації, сепарації та ін.

Основними ефектами взаємодії частинок сипких матеріалів при швидких гравітаційних рухах є квазидифузійне змішування і розділення частинок. Для прогнозування названих ефектів і управління ними, необхідно мати повну інформацію про їх структурні і кінематичні характеристики, які можуть бути визначені в результаті рішення системи рівнянь динаміки швидких рухів сипких матеріалів.

Аналіз останніх досліджень. В теперішній час відома достатньо велика кількість математичних моделей швидких

***Науковий керівник – кандидат технічних наук О. А. Науменко**

© Д. І. Бойко, 2016

гравітаційних рухів сипких матеріалів. Існуючі моделі можна умовно розділити на дві групи: 1) основані на континуальних теоріях, які базуються на різних формах взаємозв'язку між тензором напруження і швидкістю деформації; 2) основані на мікроструктурному аналізі, в якому напруження визначаються в залежності від закономірностей переносу кількості руху за рахунок зіткнення частинок. Моделі першої групи ґрунтуються на тому, що властивості сипкого матеріалу, як континуума, можуть бути представлені в вигляді безперервних функцій таким чином, що будь яка без кінцевомала частина середовища володіє її характерними властивостями. В цьому випадку аналіз взаємодії окремих частинок не проводиться.

Проблема описання поля швидкостей і розподілення твердих частинок в швидких рухах сипких матеріалів розглядалася в роботах Гудмена і Коуіна [2], які базуючись на положеннях механіки суцільних середовищ, розробили моделі швидкого руху сипкого матеріалу по похилій площині.

Запропоновану модель Седвідж [3] адаптував для випадку швидкого руху дисперсних матеріалів по похилій площині. Він виключив щільність сипкого матеріалу із числа змінних і запропонував гіпотезу, що тензор напруження є ізотропною функцією тензору швидкості деформації.

Канатані [4] розробив мікрополярну теорію суцільних середовищ, що описує швидкий рух сипкого матеріалу. Він отримав рівняння, яке визначає взаємозв'язок швидкості руху і щільності середовища.

K. Hutter і T. Scheiwiller [5] на основі континуальної моделі Севіджа провели чисельне моделювання зернового потоку, який скочується по похилому жолобу. При цьому основна увага була зосереджена на формулюванні граничних умов. Автори запропонували залежність між енергією коливання і швидкістю ковзання та вивчали її значення при швидкому русі гранулометричного матеріалу по похилій поверхні. Формування умов на границі зводилась до того, що потоки кількості і енергії коливання в напрямку, перпендикулярному поверхні відсутні, що є очевидно, тільки деяким частковим випадкам граничних умов.

Практично усі розглянуті роботи мають загальний підхід до визначення закономірностей швидких гравітаційних рухів зернових матеріалів. Більш того, в результаті аналізу можна зробити висновок про те, що пропозиції авторів про відсутність передавання імпульсу за рахунок квазидифузійного переміщення частинок і незалежності ефективного коефіцієнта тертя від концентрації твердої фази надто умовні і в кожному конкретному випадку потребують серйозного обґрунтування. З цієї причини відповідні моделі пророкують існування стаціонарних швидких рухів сипких матеріалів в узькому

діапазоні значень кутів нахилу площин. Крім того, вони не дозволяють повністю описати профілі швидкостей і розподілення твердої фази, особливо в тонких шарах сипких матеріалів. З урахуванням викладеного, в загальному випадку не має можливості використання відомих математичних моделей для адекватного опису профілів швидкості і розподілення твердої фази по товщині шару сипкого матеріалу.

Мета досліджень. Розробити математичні моделі системи математичних рівнянь швидких гравітаційних рухів сипких матеріалів з подальшим їх використанням для опису процесів змішування при приготуванні комбікормів.

Результати досліджень. Сипкий матеріал можливо розглядати як суцільне середовище [3], для яких виконується гіпотеза суцільності, і які мають безперервне розподілення характеристик по простору. До таких параметрів відносяться об'ємна щільність сипкого матеріалу $\upsilon = \upsilon(t,\vec{r})$ і поле швидкостей $\vec{v} = \vec{v}(t,\vec{r})$. Присутністю повітря в просторі між частинками будемо нехтувати і щільність частинок сипкого матеріалу γ будемо вважати постійною. Тоді щільність середовища (з урахуванням пустот між частинками) буде дорівнювати:

$$\rho = \gamma \cdot \upsilon . \tag{1}$$

Тензор напружень σ_{ik} може бути представлений у вигляді суми «рівноважного» $\sigma_{ik}^{(r)}$, залежного від $\nabla\upsilon = (\partial\upsilon/\partial x, \partial\upsilon/\partial x_2, \partial\upsilon/\partial x_3)$, і «не рівноважного», залежного від $\nabla v_k = \{\partial v_k / \partial x_i\}_{i,k=1}^{3}$; $\sigma_{ik} = \sigma_{ik}^{(r)} + \sigma_{ik}^{(n)}$ тензорів:

$$\sigma_{ik}^{r} = -\alpha\beta\left[\left(\frac{\partial\upsilon}{\partial x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial\upsilon}{\partial x_2}\right)^2 + \left(\frac{\partial\upsilon}{\partial x_3}\right)^2\right]\delta_{ik} - 2\alpha\frac{\partial\upsilon}{\partial x_i}\frac{\partial\upsilon}{\partial x_k}, \tag{2}$$

$$\sigma_{ik}^{(n)} = \lambda div\vec{v}\,\delta_{ik} + 2\mu V_{ik}, \tag{3}$$

де: σ_{ik} – одиничний тензор; x_1, x_2, x_3 – координати декартової системи координат; α – феноменологічний коефіцієнт; $\beta = \frac{1}{\sin\varphi} - 1$; φ – кут внутрішнього тертя сипкого матеріалу; λ, μ – динамічні коефіцієнти в'язкості.

$$V_{ik} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial v_k}{\partial x_i} + \frac{\partial v_i}{\partial x_k}\right), \tag{4}$$

тензор швидкостей, який відповідає полю швидкостей середовища, що рухається $\vec{\upsilon} = (\upsilon_1, \upsilon_2, \upsilon_3)$:

$$div\vec{\upsilon} = \frac{\partial v_1}{\partial x_1} + \frac{\partial v_2}{\partial x_2} + \frac{\partial v_3}{\partial x_3}.$$

Рівноважна частина тензора напруження відповідає граничному стану середовища, коли вона наближається до спокою $\vec{v} = 0$. Вигляд цієї складової обраний так, що виконується граничне співвідношення для сухого тертя по Кулону:

$$|S| = f|N|,$$

де: S – дотичне напруження, яке визначається на площині, пов'язаною з головним напрямком тензора $\sigma_{ik}^{(r)}$; N – нормальне напруження на цій же площадці; f – коефіцієнт внутрішнього тертя сипкого матеріалу.

Для сипкого матеріалу повинні виконуватися закони механіки суцільних середовищ [6]. Закон зберігання маси:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho v_i}{\partial x_i} = 0. \tag{5}$$

Закон зміни кількості руху:

$$\rho \frac{\partial v_i}{\partial x_i} + v_k \frac{\partial v_i}{\partial x_k} = \frac{\partial \sigma_{ki}}{\partial x_k} + \rho g_i. \tag{6}$$

Закон зміни кінетичного моменту, який в безмоментній механіці зводиться до симетрії тензора напружень:

$$\sigma_{ik} = \sigma_{ki}. \tag{7}$$

Закон збереження повної енергії:

$$\rho \frac{\partial e}{\partial t} + \frac{\partial J_{ei}}{\partial x_i} = 0, \tag{8}$$

де: g_i – інтенсивність масових сил; e – масова щільність повної енергії, що складається з кінетичної, потенційної та внутрішньої енергій; J_{ei} – щільність кондуктивного потоку повної енергії [7], за повторюваними індексами, згідно тензорного аналізу, проводиться підсумовування від 1 до 3. У випадку, коли нехтують тепловими ефектами, залучати останнє співвідношення немає потреби. Враховуючи сталість, рівняння (5) можна переписати замінивши змінну ρ на υ.

На рис. 1 зображений деякий об'єм V шару сипкого матеріалу, що лежить на твердій поверхні Σ_0. Шар має вільну поверхню на якій мають місце дві граничні умови: одна – скалярна – кінематичного характеру у вигляді:

$$\frac{\partial F}{\partial t} = v_z - v_x \frac{\partial F}{\partial x} - v_y \frac{\partial F}{\partial y} \tag{9}$$

де: $z = F(t,x,y)$ являє собою рівняння вільної поверхні Γ. Дана умова виражає собою рівність нормальної швидкості частинки і швидкості точки поверхні Γ.

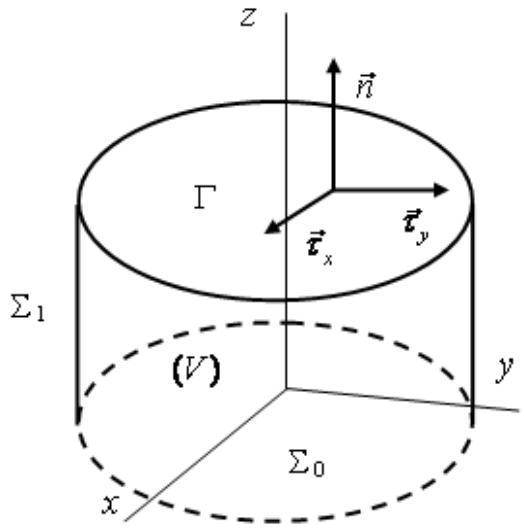


Рис. 1. Об'єм шару сипкого матеріалу, що лежить на твердій поверхні Σ_0.

Інша умова – векторна – динамічна, що виражає собою безперервність тензора напружень при переході через поверхню Γ. Поза об'ємом V сипкий матеріал відсутній, тому тут тензор напружень дорівнює нулю. Тоді векторна гранична умова еквівалентна трьом скалярним співвідношенням для тензора напружень, який визначається з боку сипкого матеріалу

$$n_k \sigma_{ki} n_i \Big|_{z=F(t,x,y)} = 0, \tag{10}$$

$$n_k \sigma_{ki} \tau_{1i} \Big|_{z=F(t,x,y)} = 0, \tag{11}$$

$$n_k \sigma_{ki} \tau_{2i} \Big|_{z=F(t,x,y)} = 0, \tag{12}$$

де: n_k, τ_{mi} ($m = 1,2$) – одиничні нормальні і дотичні вектори до поверхні Γ (рис. 1).

Крім цього залучається додаткова гранична умова:

$$\upsilon = \upsilon_0, \tag{13}$$

де: υ_0 – мінімальна об'ємна щільність, при якій в сипкому середовищі зникає кулонівська сила тертя між частинками [3]. На твердій поверхні Σ_0 має місце непроникнення суцільного середовища через стінку. І, якщо стінка не рухається в напрямку своєї нормалі, то звідси випливає виконання умови непротікання:

$$v_z \big|_{z=0} = 0, \tag{14}$$

де: v_z – нормальна складова швидкості сипкого матеріалу на зазначеній поверхні.

У напрямку вздовж стінки Σ_0 спостерігається прослизання і на сипкий матеріал діє силу опору руху згідно закону Кулона – дотичне напруження $\vec{p}_\tau$ пропорційно нормальній напрузі p_n і протилежно направлене по відношенню до відносної швидкості частинки $\vec{v}(t,x,y,0)-\vec{V}(t,x,y)$ сипкого матеріалу по стінці:

$$\vec{p}_\tau = -\frac{\vec{v}(t,x,y,0)-\vec{V}(t,x,y)}{\left|\vec{v}(t,x,y,0)-\vec{V}(t,x,y)\right|} f_v p_n, \tag{15}$$

де: f_v – зовнішній коефіцієнт тертя. Знак мінус у правій частині даного співвідношення узятий у зв'язку з тим, що нормальна напруга має бути стискуючою $(p_n < 0)$. Враховуючи зв'язок напружень з тензором напружень у вигляді формули Коші [6, 8]:

$$\vec{p} = p_i \vec{e}_i = n_k \sigma_{ki} \vec{e}_i,$$

векторне рівняння (15) можна представити двома скалярними співвідношеннями:

$$n_k \sigma_{ki} \tau_{1i} = -\frac{v_x(t,x,y,0)-V_x(t,x,y)}{\left|\vec{v}(t,x,y,0)-\vec{V}(t,x,y)\right|} f_v n_k \sigma_{ki} n_i, \tag{16}$$

$$n_k \sigma_{ki} \tau_{2i} = -\frac{v_y(t,x,y,0)-V_y(t,x,y)}{\left|\vec{v}(t,x,y,0)-\vec{V}(t,x,y)\right|} f_v n_k \sigma_{ki} n_i, \tag{17}$$

де: $\vec{v} = (v_1, v_2, v_3) = (v_x, v_y, v_z)$ $\vec{\tau}_m = (\tau_{m1}, \tau_{m2}, \tau_{m3}) = (\tau_{mx}, \tau_{my}, \tau_{mz})$ одиничні дотичні до вектора.

Висновок. В результаті приведених математичних перетворень отримана основна система рівнянь динаміки швидкого гравітаційного руху сипкого матеріалу в вигляді співвідношень (16) і (17). В подальшому приведені рівняння будуть використані при визначенні продуктивності дозувально-змішувального агрегату для приготування комбікормів.

Список літератури

1. *Нигматулин Р. И.* Основы механики гетерогенных сред / *Р. И. Нигматулин*. – М.: Наука, 1978. – 336 с.
2. *Гудмен М.* Две задачи о гравитационном течении гранулированных материалов / *М. Гудмен, С. Коуин* // Механика гранулированных сред: Теория быстрых течений: Сб. статей. Пер. с англ. / сост. *И. В. Ширко*. – М.: Мир, 1965. – С. 65–85.
3. *Севидж С.* Гравитационное течение несвязанных гранулированных материалов в лотках и каналах / *С. Севидж* // Механика гранулированных сред: Теория быстрых течений: Сб. статей. Пер. с англ. / сост. *И. В. Ширко*. – М.: Мир, 1985. – С. 86–146.

4. *Kanatani K. I.* Propertses of Ideal Granular Material / Mechanics of granular Vaterials. – Elsevier Science Publishers. – Amsterdam. – 1983. – P. 235–244.
5. *Hutter K*., *Sheiwiller T.* Rapid Plane Flow of Granular Materials down a Chute / Mechanics of granular Materials. – Elsevier Science Publishers. – Amsterdajn, 1983, – P. 283–293.
6. *Седов Л. И.* Механика сплошных сред / *Л. И. Сєдов.* – М.: Наука, 1976. – 536 с.
7. *Дьярмати И.* Неравновесная термодинамика: Теория поля и вариационные принципы / *И. Дьярмати*. – М.: Мир, 1974. – 304 с.
8. *Кочин Н. Е*. Теоретическая гидромеханика / *Н. Е. Кочин, И. А. Кибель, Н. В. Розе.* – М.: Физматгиз, 1964. – 554 с.

Аннотация. *В результате привлечения законов механики сплошных сред, в частности законов сохранения массы, изменения количества движения, изменения кинетического момента и сохранения полной энергии проведено математическое моделирование быстрого гравитационного движения сыпучих материалов и получена система уравнений их динамики, которая в дальнейшем будет использована для моделирования технологического процесса дозировочно-смесительного агрегата при приготовлении комбикормов.*

Ключевые слова: ***сплошные среды, сыпучие материалы, моделирования***

Annotation. *As a result of bringing in of laws of mechanics of continuous environments, in particular laws of maintainance of mass, treason of amount of motion, the changes of kinetic moment and conservation of complete energy are conducted mathematical design of rapid gravity motion of friable materials and the system of equalizations of their dynamics which in future will be utillized for the design of technological process of dosage-mixer aggregate at preparation of the mixed fodders.*

Key words: ***continuous environments, friable materials, designs***

УДК 368.54

СТРАХУВАННЯ ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКИХ РИЗИКІВ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ: ІННОВАЦІЙНИЙ АСПЕКТ

В. В. Дранус, магістр
Подільський державний аграрно-технічний університет

Анотація. *В статті розглянуто проблеми виникнення ризиків та управління ними в сільськогосподарському виробництві,*

© В. В. Дранус, 2016

викладено мету та основні завдання страхування ризиків сільськогосподарських товаровиробників, розглянуто доцільність та механізми здійснення державної підтримки аграрних товаровиробників в Україні та зарубіжний досвід в даному напрямку діяльності. Представлено механізм дії державної підтримки при страхуванні сільськогосподарських товаровиробників.

Ключові слова: ***сільськогосподарські товаровиробники, виробничо-господарські ризики, страхування ризиків, державна підтримка сільськогосподарських товаровиробників, аграрний страховий пул***

Постановка проблеми. Сільське господарство виступає стратегічною галуззю економіки, ефективний розвиток якої певною мірою визначається ступенем державного регулювання та залежить від обсягів державної підтримки. Державна підтримка страхування агроризиків в усьому світі є ефективним механізмом регулювання сільськогосподарського виробництва. Сільське господарство – специфічна галузь економіки, особливості якої полягають у сезонному характері виробництва сільськогосподарської продукції, залежності обсягів виробництва від виробничо-господарських ризиків, що тягне за собою нерівномірність витрат і виходу продукції. У зв'язку з цим в сільському господарстві велике значення має приділятися захисту страхових інтересів сільськогосподарських товаровиробників від несприятливих умов виробництва. У той же час даний процес неможливий без підтримки держави, адже необхідність виплати великих страхових відшкодувань вимагає встановлення високих страхових тарифів, які для наших сільськогосподарських товаровиробників є непосильними. Отже, державної підтримки потребують не лише сільськогосподарські товаровиробники, а й страхові компанії.

Аналіз останніх досліджень. Сільськогосподарське виробництво відноситься до сектора економіки з максимальним ризиком отримання збитків від виробничо-господарської діяльності, тому що кінцевий результат виробництва сільськогосподарської продукції залежить не лише від дотримання технології виробництва, а й знаходиться в залежності від впливу ризиків, які не пов’язані з процесом виробництва. Вітчизняні дослідники М. Я. Дем’яненко, П. Т. Саблук, В. В. Юрчишин, А. С. Шолойко, В. Г. Андрійчук, В. М. Онегіна, І. Г. Кириленко, П. І. Гайдуцький. С. А. Навроцький та інші висвітлюють у своїх працях власне бачення основних положень сфери аграрного виробництва та державної політики, визначення та коригування напрямів якої має відбуватись відповідно до стану

галузі. Розвиток ринку страхування як складової ринку фінансових послуг неможливий без державного регулювання та підтримки, і особливо це стосується аграрного сектора економіки.

Мета досліджень полягає в необхідності більш поглибленого аналізу досліджень вітчизняних науковців та розробки комплексу заходів щодо вдосконалення державної підтримки страхування агроризиків.

Результати досліджень. Основною метою державної підтримки страхування сільськогосподарських товаровиробників має виступати захист майнових інтересів агровиробників від понесення можливих збитків, що пов'язані з наявністю виробничих ризиків при веденні сільськогосподарського виробництва. Недостатність державної підтримки може стати однією з суттєвих перешкод на шляху розвитку ринку послуг зі страхування агроризиків. Тому одним з ключових питань, яке потребує принципового вирішення, є питання про доцільність та механізми здійснення державної підтримки агровиробників [4, С. 3–7].

Специфіка сільськогосподарського виробництва як виду господарської діяльності в АПК, його сезонність, залежність від природнокліматичних умов, підвищений ризик збитковості сільськогосподарського виробництва зумовлюють необхідність розробки та впровадження ефективних механізмів страхування ризиків виробництва сільськогосподарської продукції.

Найбільшими та найефективнішими сферами страхування аграрних ризиків характеризуються Іспанія, Канада та США.

Страхування сільськогосподарських ризиків в Іспанії характеризується згодою страхувальниками, страховиками та державною адміністрацією. Основними учасниками ринку страхування аграрних ризиків в Іспанії є: Державне Агентство аграрного страхування при Міністерстві сільського господарства (ENESA), Консорціум Компенсації страхування та Головне управління страхування при Міністерстві економіки, страховий аграрний пул (33 страхові компанії), Федерація сільськогосподарських кооперативів (4195 кооперативів) [5].

Відповідно до ст. 1 Закону України "Про страхування" у редакції від 4 жовтня 2001 року із змінами і доповненнями , страхування – це вид цивільно-правових відносин щодо захисту майнових інтересів фізичних осіб та юридичних осіб у разі настання певних подій (страхових випадків), визначених договором страхування або чинним законодавством, за рахунок грошових фондів, що формуються шляхом сплати фізичними особами та юридичними особами страхових платежів (страхових внесків, страхових премій) та доходів від розміщення коштів цих фондів [1].

З метою стимулювання розвитку сільськогосподарського виробництва Законом України “Про державну підтримку сільського господарства України” від 24 червня 2004 року було визначено особливості державного регулювання ринку сільськогосподарського страхування шляхом запровадження комплексного та індексного страхування, а також створення Фонду аграрних страхових субсидій. Проте вказані норми Закону виявилися неефективними, що зумовило прийняття 9 лютого 2012 року окремого Закону України “Про особливості страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою”, який набрав чинності з 1 липня 2012 року [2]. Цей Закон спрямований на регулювання відносин у сфері страхування сільськогосподарської продукції, що здійснюється із державною підтримкою, з метою захисту майнових інтересів сільськогосподарських товаровиробників і спрямований на забезпечення стабільності виробництва в сільському господарстві. Згідно із нормами зазначеного Закону страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою – це економічні відносини щодо страхового захисту майнових інтересів сільськогосподарських товаровиробників у разі настання певних подій (страхових випадків), визначених цим Законом, за рахунок грошових фондів, що формуються у страховика шляхом сплати страхувальником страхових платежів (премій), частина яких компенсується за рахунок державних субсидій та доходів від розміщення коштів цих фондів, яке здійснюється відповідно до положень цього Закону і визначається наявністю та особливостями ризиків, носіями яких є сільськогосподарські рослини і тварини. Державна підтримка полягає у наданні сільськогосподарському товаровиробнику з державного бюджету грошових коштів у вигляді субсидій для оплати частини страхового платежу (страхової премії), нарахованого за договором страхування.

Відповідно до Закону України “Про особливості страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою” суб’єктами відносин страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою є страхувальники і страховики. Страхувальниками є сільськогосподарські товаровиробники, які уклали із страховиками договір страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою. Сільськогосподарським товаровиробником визнається юридична особа незалежно від організаційно-правової форми, яка займається виробництвом сільськогосподарської продукції та/або розведенням, вирощуванням і виловом риби у внутрішніх водоймах та її переробкою на власних чи орендованих потужностях, у тому числі з власновиробленої сировини на давальницьких умовах, та здійснює операції з її постачання [2].

Право страхувати сільськогосподарську продукцію мають сільськогосподарські товаровиробники, що провадять свою діяльність на території України і відповідають визначеним Кабінетом Міністрів України критеріям (крім нерезидентів). У разі передачі сільськогосподарських земель в оренду право страхувати сільськогосподарську продукцію, у тому числі посіви та урожай сільськогосподарських культур і багаторічних насаджень, належить орендареві, крім нерезидентів. Страхові внески, що вносяться орендарем, не можуть включатися у залік орендної плати [4].

Страховиками є юридичні особи, що отримали відповідну ліцензію. Право страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою мають страховики, що відповідають вимогам Закону України "Про страхування", отримали ліцензію на здійснення відповідного виду страхування та є членами Аграрного страхового пулу. Аграрний страховий пул є єдиним об'єднанням страховиків, а участь страховиків у Пулі є умовою для здійснення страхування сільськогосподарської продукції із державною підтримкою.

Аграрний страховий пул є юридичною особою та неприбутковою організацією. Статут Пулу затверджується зборами засновників (членів) Пулу та реєструється відповідно до вимог законодавства. Діяльність Пулу фінансується за рахунок його членів. Аграрний страховий пул забезпечує координацію діяльності страховиків із страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою та виконує при цьому такі функції: забезпечує взаємодію учасників системи страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою з Міністерством аграрної політики та продовольства України; організовує програми перестрахування сільськогосподарських ризиків з метою забезпечення гарантій виконання страховиком зобов'язань перед страхувальниками; бере участь у розробленні стандартних страхових продуктів, методичних рекомендацій із страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою, із врегулювання збитків та проведення експертиз за договорами страхування сільськогосподарської продукції; створює централізовану базу даних зі страхування сільськогосподарської продукції, веде облік укладених договорів страхування за інформацією, наданою страховиками; проводить дослідження у сфері аналізу ринку страхування сільськогосподарської продукції, у тому числі необхідні для актуарного розрахунку страхових тарифів; здійснює контроль за дотриманням умов договорів страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою та стандартних методик андеррайтингу, врегулювання збитків; забезпечує покриття катастрофічних ризиків у разі виникнення

надзвичайних ситуацій; здійснює управління фондом покриття катастрофічних ризиків, інвестує накопичені фінансові ресурси.

Страховики, що здійснюють страхування сільськогосподарської продукції із державною підтримкою, створюють фонд покриття катастрофічних ризиків за рахунок відрахування до нього не більш як 5% страхових платежів (страхових премій). Катастрофічними ризиками у сільському господарстві є надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру, велика сукупність або масштаби проявів стихійних сил природи (посуха, град, морози, повені тощо) і діяльності людини у процесі створення матеріальних благ (аварії, пожежі тощо), що завдають збитки у значних розмірах. Порядок визнання ризику катастрофічним визначається Кабінетом Міністрів України [4].

Законом України «Про особливості страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою» Аграрний страховий пул визначено як єдине об'єднанням страховиків, які здійснюють страхування сільськогосподарської продукції. При чому участь страховиків у Пулі є обов'язковою умовою для здійснення страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою. Крім того, членом Пулу може бути страховик, що відповідає загальним вимогам Закону України "Про страхування", отримав відповідну ліцензію, а також відповідає спеціальним вимогам, визначеним Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сфері ринків фінансових послуг (далі – Нацкомфінпослуг), разом із Мінагрополітики, щодо участі страхових компаній у страхуванні сільськогосподарської продукції з державною підтримкою. 10 жовтня 2012 року на виконання частини сьомої статті 16 Закону України «Про особливості страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою» розпорядженням Нацкомфінпослуг № 1671 та наказом Мінагрополітики № 611 було затверджено Вимоги щодо участі страхових компаній (страховиків) у страхуванні сільськогосподарської продукції з державною підтримкою. Згідно із зазначеним вище розпорядженням № 1671 страхова компанія може здійснювати страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою лише у разі відповідності певним вимогам.

По-перше, така страхова компанія повинна мати досвід здійснення майнового страхування протягом двох останніх років, в тому числі досвід перестрахування.

По-друге, членом Пулу може бути лише той страховик, що має кваліфікований персонал з відповідним досвідом роботи, а саме: не менше двох фахівців з вищою освітою у сфері сільського господарства або з досвідом роботи у сфері виробництва або страхування сільськогосподарської продукції не менше ніж три роки,

а також не менше п'яти фахівців з вищою освітою у сфері сільського господарства для проведення оглядів об'єктів страхування перед укладенням договору страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою та оглядів об'єктів страхування для врегулювання збитків за такими договорами.

По-третє, розпорядженням № 1671 встановлюються вимоги до майнового стану страховиків, що бажають здійснювати агрострахування з державною підтримкою. Так, вартість чистих активів такої страхової компанії після закінчення другого та кожного наступного фінансового року з дати внесення інформації про цю фінансову установу до Державного реєстру фінансових установ має бути не меншою, ніж розмір зареєстрованого статутного капіталу цієї фінансової установи.

По-четверте, на дату подання заяви про набуття членства в Аграрному страховому пулі у страхової компанії не повинно бути невиконаних заходів впливу, що підтверджується відповідною інформацією Нацкомфінпослуг.

Аграрний страховий пул є юридичною особою та неприбутковою організацією, та має бути створений самими страховиками, що відповідають усім вищезазначеним вимогам. Основним завданням Агрострахового пулу є забезпечення координації діяльності страховиків із страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою. В той же час структура, функції, компетенція, порядок формування та роботи органів управління та контролю Пулу визначаються Статутом Пулу. Діяльність Пулу фінансується за рахунок його членів.

Для забезпечення виконання зобов'язань перед страхувальниками Пул створює страховий фонд покриття катастрофічних ризиків, якими відповідно до «Порядку визнання ризиків у сільському господарстві катастрофічними та надання і використання бюджетної позики (державної фінансової допомоги) у разі їх виникнення», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 15 серпня 2012 р. № 841, катастрофічними ризиками визнаються ризикові обставини, які спричиняють пошкодження або знищення більш як 30% площ рослинницької продукції, що застраховані. Такими обставинами можуть бути надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру, велика сукупність або масштаби проявів стихійних сил природи (посуха, град, морози, повені тощо) і діяльності людини у процесі створення матеріальних благ (аварії, пожежі тощо).

Джерелом формування страхового фонду покриття катастрофічних ризиків є відрахування членів Пулу з отриманих страхових премій з цього виду страхування у розмірі, визначеному Координаційною радою Пулу, але не більше 5 відсотків. Кошти

фонду використовуються у разі настання катастрофічних ризиків за рішенням Координаційної ради Пулу. У разі настання надзвичайної ситуації, яка набуває масштабів катастрофи, за умови недостатності коштів у страховому фонді покриття катастрофічних ризиків держава через Мінагрополітики надає Пулу бюджетну позику на умовах повернення у визначені строки та з зазначенням відповідальності за її неповернення. Антимонопольний комітет України 7 листопада 2012 року зареєстрував установчі документи Аграрного страхового пулу. Про це повідомили в Національній комісії, що здійснює держрегулювання у сфері ринків фінансових послуг.

Як було зазначено вище, створювати пул можуть тільки страховики, які отримали ліцензію на добровільне страхування сільгоспризиків. До теперішнього часу Нацкомфінуслуг видала чотири таких ліцензії: ПрАТ "Українська аграрна страхова компанія" (Черкаси), ПрАТ "Страхова компанія" Брокбізнес "(Київ), ПАТ" СК "Страхові гарантії" (Донецьк), ТДВ "СК" Домінанта "(Київ) [7].

Заяви ще семи страховиків знаходяться в стадії розгляду [6].

Висновок. Тож, як видно, перший крок реалізації Закону України «Про особливості страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою» в напрямку впровадження системи державної підтримки аграріїв здійснено. Наразі стоїть завдання створення Агрострахового пулу та інформування широкого кола аграріїв про можливості отримання державної підтримки. Незважаючи на те, що сьогодні можна почути багато негативу та побоювань щодо майбутньої діяльності Пулу, однак саме таким шляхом йде більшість країн світу, шляхом створення професійних асоціацій, що мають важелі впливу як на своїх членів, так і на політику регулювання відповідного сектору економіки. Нашій країні необхідно вчитися делегувати повноваження, адже ринкова економіка передбачає саморегулювання.

Список літератури

1. *Закон* України "Про страхування" із змінами і доповненнями // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1996. – № 18. – С. 78.

2. Закон України "Про особливості страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою" / Відомості Верховної Ради України (ВВР), Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2012. – № 41. – С. 491.

3. *Коваленко Т.* Правове регулювання страхування АПК [електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.agrobusiness.com.ua/component/content/article/1025.html?ed=60.

4. *Сахацький М. П.* Державна підтримка агрострахування в сучасних умовах / *М. П. Сахацький* // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2010. – №4. – С. 3–7.

5. *Фисун І.* Зарубіжний досвід страхування аграрних ризиків та доцільність його застосування в Україні [електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.rusnauka.com/1_NIO_2011/Economics/78211.doc.htm.

6. *В Україні* зареєстрований Аграрний страховий пул [електронний ресурс]. – Режим доступу: http://svitagro.com/v-ukrayini-zareiestrovaniy-agrarniy-strahoviy-pul.
7. *Інформація* про Пул [електронний ресурс]. – Режим доступу: http://uaip.com.ua/?page_id=15.

Аннотация. *В статье рассмотрены проблемы возникновения рисков и управления ими в сельскохозяйственном производстве, изложены цель и основные задачи страхования рисков сельскохозяйственных товаропроизводителей, рассмотрена целесообразность и механизмы осуществления государственной поддержки аграрных товаропроизводителей в Украине и зарубежный опыт в данном направлении деятельности. Представлены механизм действия государственной поддержки при страховании сельскохозяйственных товаропроизводителей.*

Ключевые слова: ***сельскохозяйственные товаропроизводители, страхование рисков, производственно-хозяйственные риски, государственная поддержка сельскохозяйственных товаропроизводителей, аграрный страховой пул***

Annotation. *In paper the problem of the origin and managing risks in agricultural production are considered. The purpose and objectives of state support for agricultural risk insurance producers are examined. The feasibility and mechanisms of state support to agricultural producers in Ukraine and foreign experience in this line of business are analyzed. The mechanism of state support to agricultural producers for insurance is identified.*

Key words: ***agricultural producers, industrial and commercial risks, insurance risks, government support for agricultural producers, agricultural insurance pool***

УДК 631.363.2.001

ПРИЛАД ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗУСИЛЬ РІЗАННЯ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

О. В. Нанка, докторант*
Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Анотація. *В результаті аналізу способів і конструкцій приладів для вимірювання зусиль різання фуражного зерна,*

***Науковий консультант – академік НААН Л. М. Тіщенко**

© О. В. Нанка, 2016

запропонована нова конструкція приладу, який спроможний фіксувати динамічні зусилля різання з відображенням їх значень на моніторі комп'ютера.

Ключові слова: ***зусилля різання, динаміка, фуражне зерно, копер***

Постановка проблеми. Основними технологічними операціями при приготуванні комбікормів для тварин і птиці є очищення, подрібнення, дозування і змішування їх інгредієнтів. Із перерахованих операцій найбільш енергоємною є подрібнення зернових кормів, яка регламентується вимогами ДСТУ і зоотехнічними рекомендаціями по ступеню подрібнення і фракційному складу, в тому числі по допустимому вмісту пиловидної фракції. Відхилення від цих технологічних вимог знижує ефективність застосування дорогих зернових кормових ресурсів від 20 до 30% [1]. Тому зниження енергоємності процесу подрібнення зернових кормів і отримання заданих фракційних характеристик кінцевого продукту є актуальним при переході до інтенсивних технологій виробництва продукції тваринництва.

Серед засобів механізації для подрібнення зернових кормів найбільшого поширення набули універсальні дробарки ударного типу з шарнірно підвішеними молотками – молоткові дробарки. Вони здатні подрібнювати різноманітні види сировини, порівняно прості по конструкції, зручні в обслуговуванні та експлуатації. Їх конструкція дозволяє легко змінювати швидкозношувані деталі (молотки, деки, решета). Однак молоткові дробарки мають ряд суттєвих недоліків, а саме, в першу чергу, високі питомі витрати енергії на процес подрібнення, (18…20 кВт год./т), відносно високу металоємність (до 500 кг год./т) та інтенсивне зношування молотків і решіт.

Крім того, готовий продукт має невирівняний гранулометричний склад із збільшеним вмістом пиловидної фракції, яка в деяких випадках досягає до 20% [2].

Зниженню енергоємності процесів подрібнення фуражного зерна ударом присвячені науково-дослідні роботи Ревенка І. І. [3], Бойка А. І. [4], Сідашенка О. І. [5], Зіганшина Б. Г. [6], Єлісеєва В. А. [7], та ін.

Новим напрямком в розробці конструкцій машин для подрібнення фуражного зерна, з метою зниження енергетичних витрат і підвищення якості кінцевого продукту є застосування таких робочих органів, які будуть забезпечувати процес подрібнення зерна різанням, або сколюванням [8–11]. Однак, при проектуванні і розрахунку робочих органів машин для подрібнення фуражного зерна способом різання, виникає необхідність в математичному

обґрунтуванні елементів їх конструкцій з урахуванням фізико-механічних властивостей зерна і зокрема динамічних зусиль різання.

Аналіз останніх досліджень. Найбільш розповсюджений спосіб вимірювання силових характеристик (показників міцності) сільськогосподарських матеріалів передбачає визначення зусиль опору на деформацію (згинання, стискання, розтягування) та різання зразків під час дії на них робочого органу. До таких приладів відноситься динамограф – роботомір ДР-100 [12]. Також відомий динамограф малих зусиль Д-10 для вимірювання зусиль на стискання або розтягування листостебельної маси. Однак приведені прилади не можуть бути використані для визначення динамічних зусиль різання фуражного зерна. Тому виникає необхідність в розробці нових пристроїв здатних визначати динамічні зусилля різання зернових матеріалів відповідно до технологічного процесу, який відбувається в подрібнювачах.

Мета досліджень. Розробити конструкцію приладу (копер) для визначення динамічних зусиль різання фуражного зерна в залежності від геометричних і кінематичних параметрів ріжучого робочого органу.

Результати досліджень. Запропонований копер [13, 14]. для вимірювання динамічних сил різання зернових продуктів (рис. 1, рис. 2) складається із станини 1, на якій встановлений електродвигун 2, на валу якого закріплений ротор виконаний в вигляді диска 4 з ножем 5. Ніж 5 закріплений на диску 4 з можливістю його повороту відносно осі кріплення, що дає змогу змінювати кут різання α без заміни ножа. Пристрій для фіксації зразка зерна 6 і подачі його до ножа 5 складається із циліндричної трубки 7 в якій розташований шток 8 і пружина 9, яка переміщує шток 8 і зерно 10 в напрямку взаємодії ножа із зерном. Визначення динамічних зусиль різання відбувається тензодатчиком 11, який жорстко з’єднаний із пристроєм для фіксації зразка матеріалу 6. Для перетворення електричного сигналу тензодатчика 11 в цифровий сигнал служить аналого-цифровий перетворювач 12. Величина динамічних зусиль різання відображається на моніторі комп’ютера 13 за допомогою програмного забезпечення 14.

Вимірювання сил різання зернових продуктів здійснюється наступним чином. Зразки зерна розміщують в трубці 7, які під дією штока 8 і стиснутої пружини 9 подаються в зону взаємодії ножа 5 з зерном 10. Після ввімкнення електродвигуна 3 в роботу і задання необхідної швидкості різання зерна, відбувається взаємодія ножа 5 з зерном 10. При цьому динамічне зусилля різання передається на тензодатчик 11 для створення електричного сигналу, який в подальшому за допомогою аналого-цифрового перетворювача 12

перетворюється в цифровий сигнал і за рахунок програмного забезпечення 14 відображається на моніторі персонального комп'ютера 13 (рис. 3).

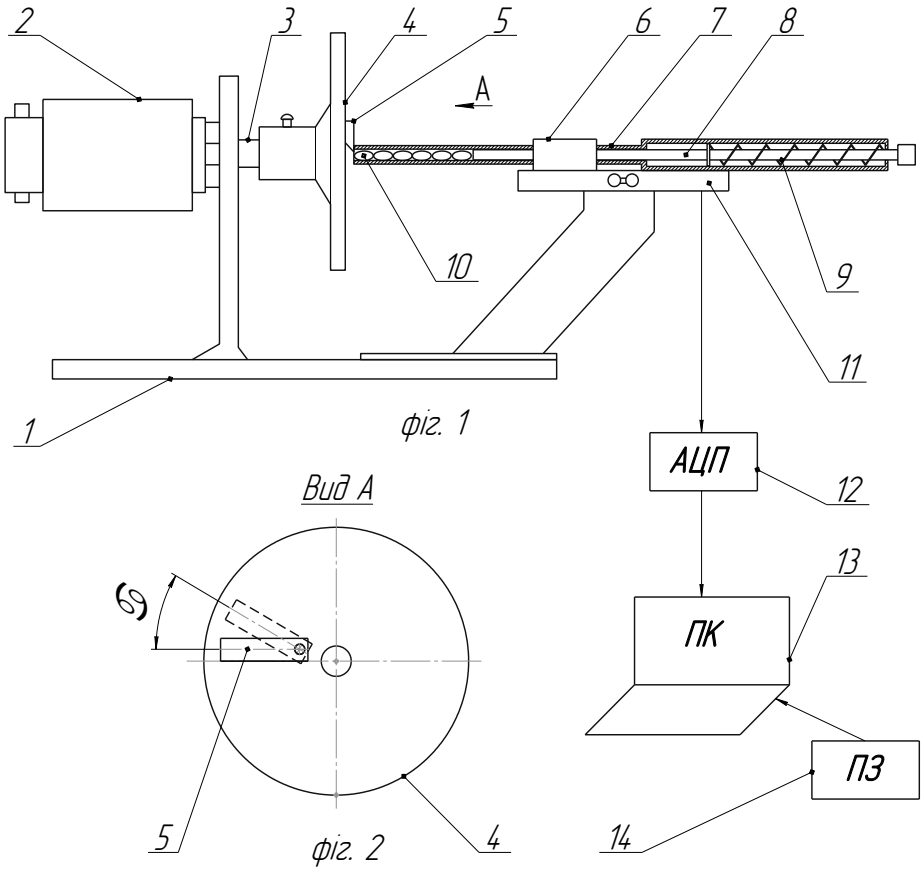


Рис. 1. Копер для вимірювання динамічних зусиль різання фуражного зерна.

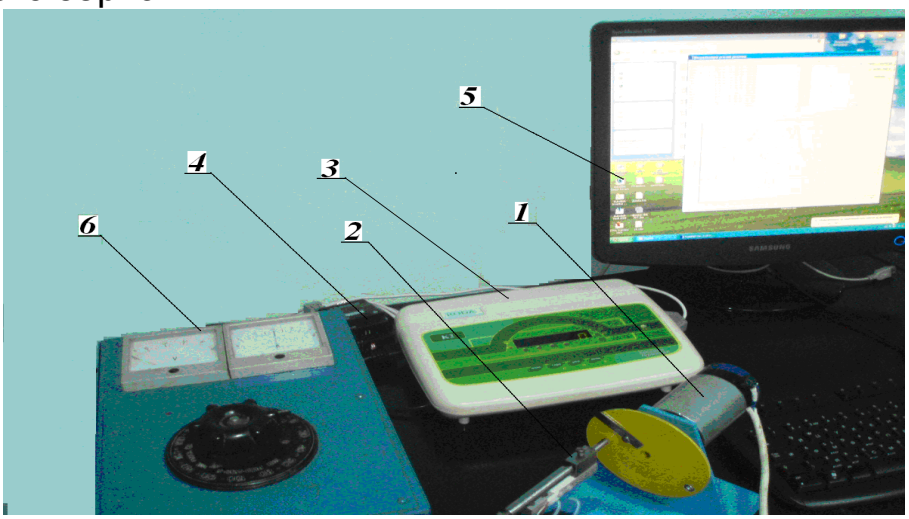


Рис. 2. Вимірювальна система для визначення динамічних сил різання фуражного зерна: 1 – прилад для різання; 2 – тензодатчик; 3 – ваговий термінал; 4 – аналого-цифровий перетворювач; 5 – персональний комп'ютер; 6 – блок живлення.

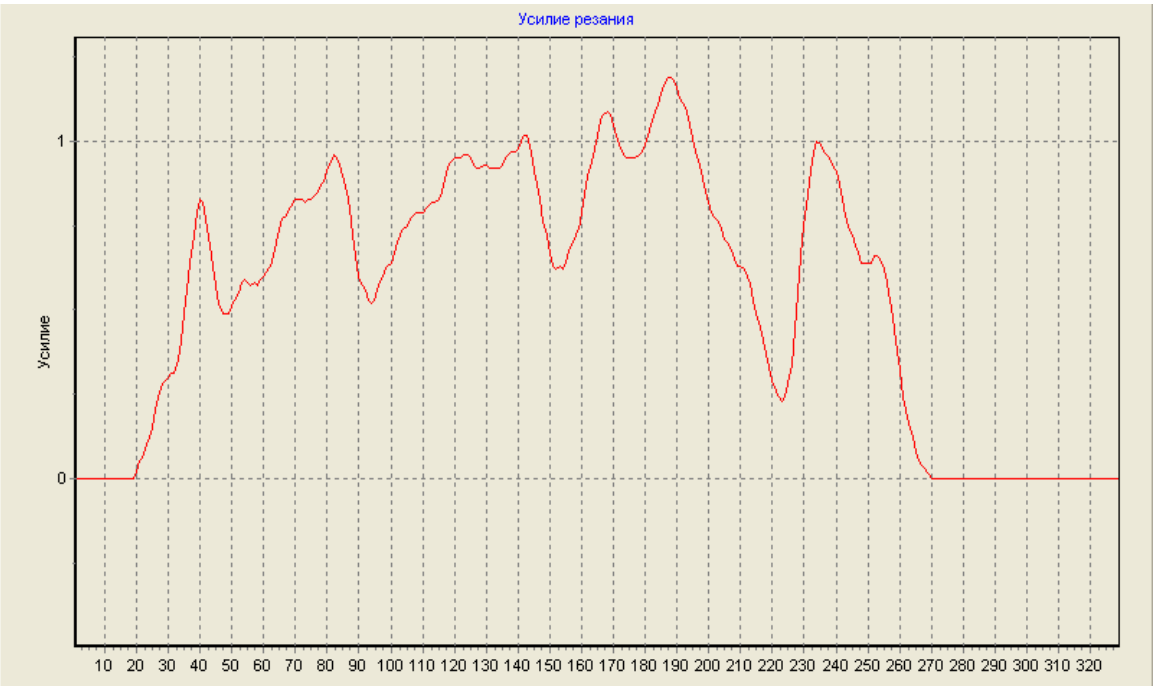


Рис. 3. Графічне відображення динамічних зусиль різання фуражного зерна.

Висновок. В результаті аналізу способів і конструкцій приладів для вимірювання зусиль різання фуражного зерна, запропонована нова конструкція приладу, який спроможний фіксувати динамічні зусилля різання з відображенням їх значень на моніторі комп'ютера.

Список літератури

1. *Васильев С. Н.* Производство и использование комбикормов в коллективных и фермерских хозяйствах / *С. В. Васильев, И. Я. Федоренко*. – Барнаул: Наука, 2003. – 150 с.

2. *Нанка А. В.* Молотковые дробилки – достоинства и недостатки / *О. В. Нанка, И. Г. Бойко* // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса АПК: Доклады республиканской научно-практической конференции «Белагро-2011». – Минск: ГИВЦ Минсельхопрома, 2012. – С. 116–121.

3. *Ревенко И. И.* Физическая сущность разрушения кормовых материалов при их измельчении / *И. И. Ревенко* // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – К.: Урожай, 1980. – С. 65–67.

4. *Бойко А. І.* Дослідження врівноваженості на удар молотків кормодробарок, зміцнених матеріалами змінної щільності / *А. І. Бойко, В. М. Савченко* // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2008. – Вип. 69. – С. 268–273.

5. *Сидашенко А. И.* Повышение работоспособности рабочих органов дробилок зернових кормов: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / *А. И. Сидашенко*. – Х., 1986. – 20 с.

6. *Зиганшин Б. Г.* Повышение эффективности технических средств приготовления кормов в животноводстве на основе расширения

технологических возможностей измельчителей: автореф. дис. на соискание науч. степени док. техн. наук: 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / *Б. Г. Зиганшин*. – Казань, 2004. – 48 с.
7. *Елисеев В. А.* Исследования процесса измельчения зерна ударом: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / *В. А. Елисеев*. – М., 1969. – 22 с.
8. *Фиапшев А. Г.* Разработка и обоснование основных параметров измельчителя фуражного зерна дисмембранного типа: дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / *А. Г. Фиапшев*. – Челябинск, 1995. – 20 с.
9. *Нанка О. В.* Теоретичні і практичні аспекти розробки енергозберігаючої конструкції подрібнювача зернових кормів / *О. В. Нанка* // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2011. – Вип. 119. – С. 89–96.
10. *Абрамов А. А.* Измельчитель зерна скалывающего типа / *А. А. Абрамов* // Хлебопродукты. – 2006. – № 10. – С. 34 - 41.
11. *Сергеев Н. С.* Исследование процесса динамического резания зерен злаковых культур при различных углах заточки и защемления режущих элементов / *Н. С. Сергеев* // Совершенствование механизации производственных процессов в животноводстве: Сб. науч. тр. / ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1990. – С. 20–29.
12. *Механіко-технологічні* властивості сільськогосподарських матеріалів : підручник / *О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко* та ін. ; За ред. С. С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
13. *Пат*. 87806 Україна: МПК G01N 3/00, G01L 1/20, B02C 9/00. Спосіб вимірювання сил різання зернових продуктів / *О. В. Нанка, І. Г. Бойко, О. А. Науменко* ; заявник і патентовласник *О. В. Нанка, І. Г. Бойко, О. А. Науменко* ; №u2013 07958; заявл. 25.6.2014; опубл. 25.02.2014, Бюл. №4/2014.
14. *Пат*. 98997 Україна: МПК G01N 3/02. Копер для вимірювання сил різання зернових продуктів / *О. В. Нанка, І. Г. Бойко* ; заявник і патентовласник *О. В. Нанка, І. Г. Бойко* ; №u2014 13565 ; заявл. 17.12.2014 ; опубл. 12.05.2015, Бюл. №9/2015.

Аннотация. *В результате анализа способов и конструкций приборов для измерения усилий резания фуражного зерна, предложена новая конструкция прибора, который способен фиксировать динамические усилия резания с отображением их значений на мониторе компьютера.*

Ключевые слова: ***усилие резания, динамика, фуражное зерно, копер***

Annotation. *As a result of analysis of methods and constructions of devices for measuring of efforts of cutting of cornmeal, the new construction of device which is able to fix dynamic efforts of cutting with the reflection of their values on the monitor of computer is offered.*

Key words: ***effort cutting, dynamics, cornmeal, pile-driver***

УДК 535.215

ВИМОГИ ДО СПЕКТРАЛЬНОГО СКЛАДУ ШТУЧНИХ ДЖЕРЕЛ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН В СПОРУДАХ ЗАКРИТОГО ГРУНТУ

Л. С. Червінський, доктор технічних наук
Л. О. Сторожук, кандидат історичних наук
О. І. Романенко, магістр
Я. М. Луцак, аспірант

Анотація. *Обґрунтовується необхідність штучного доопромінення рослин довгохвильовим ультрафіолетовим випромінювання при вирощуванні рослин в спорудах захищеного ґрунту*.

Ключові слова: вимоги, спектр, випромінювання, рослини

Постановка проблеми. Життя і розвиток рослин неможливо без Сонячного випромінювання. Частину спектру випромінювання, яка сприймається рослинами часто називають фотосинтезно активною радіацією (ФАР або FAR) тому, що багато фізіологічних процесів в рослинах не можуть проходити без його участі.

Мета досліджень – обґрунтувати вимоги до спектрального складу випромінювання штучних джерел, що використовуються в рослинництві закритого ґрунту на основі екологічного випромінювання Сонця.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проведено на основі аналізу досліджень дії спектрів випромінювання Сонця та широко розповсюджених штучних джерел оптичного випромінювання в галузі рослинництва.

Результати досліджень. Дослідженнями встановлено, що під дією видимого випромінювання (з максимумами довжини хвилі випромінювання біля 440 нм та 680 нм) в рослинах здійснюється утворення хлорофілу, формуються листя, квіти, плоди, відбувається синтез вітамінів, ферментів і інших речовин. В природних умовах рослини виростають під дією всього спектру Сонячного випромінювання, в якому окрім видимого випромінювання присутні ультрафіолетове і інфрачервоне. Причому, граничні довжини хвилі випромінювання і його інтенсивність залежать від часу доби (кута нахилу Сонця до горизонту) і пори року. Нижче приведена табл. 1, в якій показано співвідношення різних ділянок спектру випромінювання Сонця залежно від кута нахилу над горизонтом 50° (на широті Києва) [1].

© Л. С. Червінський, Л. О. Сторожук, О. І. Романенко, Я. М. Луцак, 2016

1. Спектральний склад сонячного випромінювання при різній висоті Сонця над горизонтом (в %).

Інтенсивність ділянок спектру оптичного випромінювання в %	Висота Сонця, град			
	0,5	10	30	50
Ультрафіолетова (295-380)	0	1,0	2,7	3,2
Видима (380-780)	31,2	41,0	43,7	43,9
У тому числі:				
Фіолетова (380-4430)	0	0,8	3,8	4,5
Синя (430-490)	0	4,6	7,8	8,2
Зелена (490-570)	1,7	5,9	8,8	9,2
Жовта (570-600)	4,1	10,0	9,8	9,7
Червона (600-780)	25,4	19,7	13,5	12,2
Інфрачервона (780-34000)	68,8	58,0	54,6	52,3
Всього, %	100	100	100	100

Аналіз даних таблиці показує, що при 50° розташуванні Сонця над поверхнею землі (Європейська широта, рівня Києва) співвідношення частин спектру складає: ультрафіолетове випромінювання – 3,2%, видиме – 43,7%, інфрачервоне – 54,6% всього випромінювання. По відношенню до видимого випромінювання ультрафіолетове складає близько 8%, що свідчить про його біологічний вплив на живу природу Землі.

Висока чутливість і різноманітність відповідних реакцій рослин на вплив ультрафіолетових променів пов'язані з тим, що вони активно поглинаються багатьма фізіологічно важливими сполуками рослинної клітини [2]. За фактом, рослини в умовах природного вирощування постійно піддаються дії середньохвильовому (280-320 нм) і довгохвильовому (320–400 нм) ультрафіолетовому випромінюванню від Сонця.

Роль природного ультрафіолетового випромінювання у життєдіяльності рослин в останні роки вивчена недостатньо. Є роботи (Зайцева, 1953; Гурского, 1962; Соколова, 1962, 1965; Дуброва, 1963,1968; Насырова,1966; Фрайкина, 1987; Гиллера, 1965, 1988; Шульгина, 1978, 1990; Brodfuhrer, 1955; Vellmann, 1983; Frederick, 1989; Coohill, 1989; Tevini, Teramura, 1989), актуальність яких безперечна, але вони не охоплюють всіх аспектів проблеми дії ультрафіолетового випромінювання.

Тому вивчення регуляторної ролі ультрафіолетового випромінювання різного спектрального складу в морфогенезі й метаболізмі рослин становить великий інтерес. З'ясування ролі ультрафіолету і видимого світла (400–700 нм) у формуванні морфофізіологічних особливостей рослин і їх адаптаційних механізмів до несприятливих умов середовища є одним з важливих питань сучасних умовах розвитку людського суспільства. Особливу

актуальність здобуває це питання при вирощуванні рослин в умовах закритого ґрунту, коли використання штучного оптичного випромінювання є головною складовою частиною технологічного процесу вирощування рослин.

Пошуковими дослідженнями встановлено позитивний біологічний вплив ультрафіолетового випромінювання (300 – 400 нм) на прискорення цвітіння та утворення зав'язі овочевих культур, що призводить до підвищення якості і кількості продукції [4]. Якщо у відкритому ґрунті рослини одержують ультрафіолетове випромінювання починаючи з 295 нм (найменша зареєстрована довжина хвилі ультрафіолетового променя, який досягнув поверхні землі складає 283 нм [6]), яке становить 3…5% сумарного сонячного випромінювання, – то в теплицях в осінньо-зимові місяці вони його практично не одержують [3].

Слід звернути увагу на те, що комбінована дія УФ радіації і видимого світла, якщо такий присутній в спектрі випромінювання джерела світла, приводить до значних змін в спрямованості біохімічних процесів і подальшому їх зростанні. Цьому наочно свідчать досліди з насінням фацелії *Phacelia tanacetifolia,* у якої через велику чутливість навіть звичайне видиме світло пригнічує проростання. У цієї рослини УФ опромінювання (λ = 254 нм; Е = =200 мкВт/см^2; λ= 365 нм, Е = 500 мкВт/см^2, Т = 3–6 год.) зменшує проростання на 35–60% (Schulz, Klein, 1963). Встановлено, що реакція насіння фацелії змінюється залежно від того, в якій послідовності проводиться опромінювання насіння світлом різного спектрального складу (табл. 2).

2. Дія випромінювання різного спектру на проростання насіння фацелії.

Послідовність опромінювання	Тривалість освітлення, годин	Придушення проростання %
Темнота	6	0
Синє світло, 1000 *мкВт/см^2*	6	37
Червоне світло, 1000 *мкВт /см^2*	6	44
УФ випромінювання. 200 *мкВт/см^2*	6	64
Синє >УФвипросінювання	3> 3	18
УФ випромінювання > синє	3> 3	37
Червоне > УФ випромінювання	3> 3	20
УФ випромінювання > червоне	3> 3	64

З даних табл. 2 видно, що у тому випадку, коли УФ опромінювання чередує після синього або червоного світла, воно зменшує їх дію і, навпаки, ефект посилюється, коли після УФ світла дається світло іншого спектрального складу. Ці реакції указують на

присутність в насінні різних фоторецепторів, контролюючих проростання і подальше зростання. Можливо, фоторецептори пов'язані з такими системами: 1) фотохімічною пов'язаною з фотосинтезом; 2) фотохімічною контролюючою фототропізм; 3) фітохромною пов'язаної з проростанням і частково морфогенезом; 4) високоенергетичною системою морфогенезу (Воскресенська, 1965; Mohr, 1964). Взаємодія цих систем, їх інгібірування і активація при УФ опромінюванні грають найважливішу роль в зростанні і розвитку рослин. Слід зазначити, що реакція рослин на УФ опромінювання сильно залежить від інтенсивності видимого світла, при якій вирощуються рослини.

Сучасний стан науки і техніки дозволяє розробляти штучні джерела оптичного випромінювання із заданими ділянками спектру та інтенсивності. Так у парникових і тепличних господарствах для вирощування могутнішої розсади овочевих рослин з'явилась можливість застосовувати ультрафіолетові світлофільтри, які відтинають шкідливі пригнічуючі короткохвильові спектри довжин хвиль світла у потужних ксенонових ламп. Приведені результати свідчать, що довгохвильове ультрафіолетового випромінювання (від 295 до 380 нм) є невід'ємною складовою природного Сонячного випромінювання і в помірних дозах необхідне для нормального розвитку рослин. Це випромінювання проникає крізь епідерміс поверхні листя і робить значний вплив на життєдіяльність рослин.

Але на сьогодні недостатньо вивчено питання про найефективнішу ділянку спектра (у межах довжин хвиль) в ультрафіолетовій частині та дози випромінювання [1, 2, 5, 7]. Встановлено, що в умовах закритого ґрунту додаткове ультрафіолетове випромінювання ($E_{уф}$ < 2,5 Вт/м^2) [3] спричиняло стимулюючу дію на фотосинтез листків, вміст хлорофілу та нагромадження корисної біомаси у редису і салату. Встановлено також, що ультрафіолетове випромінювання рослин помідора прискорює їх цвітіння та плодоношення, а також сприяє підвищенню вмісту розчинних цукрів та вітаміну С [4].

За останні роки, у зв'язку з новими підходами до вивчення фотобіологічних ефектів та бурхливого розвитку світлодіодних джерел випромінювання виникає унікальна можливість керування ростом та продуктивністю рослин за допомогою модифікації рівня ультрафіолетового випромінювання на рослини. Поряд із цим вивчення біологічного впливу ультрафіолетового випромінювання важливо для моніторингу біосферної обстановки в Україні – в зв'язку із зростаючим антропогенним забрудненням атмосфери, частіших розривів захисного озонового прошарку Землі й, відповідно, можливості дії більш короткохвильової частини (шкідливої) частини спектру ультрафіолету Сонячного випромінювання.

Висновки

1. Ультрафіолетове випромінювання в невеликих дозах в діапазоні 300–400 нм має позитивний біологічний вплив і сприяє прискоренню цвітіння та утворення зав'язі овочевих культур.

2. За допомогою керування інтенсивністю та тривалістю ультрафіолетового доопромінювання тепличних рослин можливо регулювати технологічний процес отримання рослинної продукції і, таким чином, прогнозувати якість і кількість вихідної продукції.

3. При виробничому вирощуванні рослин в теплицях їх врожайність і якість залежать в першу чергу від відповідності спектрального складу випромінювання від штучних джерел світла спектру природного Сонячного випромінювання. Відповідно до аналізу Сонячного спектру на географічній широті Києва найефективнішим є наступне співвідношення ділянок спектру штучного джерела – ультрафіолетове (290–380) / видиме (380–760), інфрачервоне (760–1000): 3/43/54.

Список літератури

1. *Воскресенская Н. П.* Фоторегуляторные реакции и активность фотосинтетического аппарата / *Н. П. Воскресенская* // Физиол. растений. – 1987. – Т. 34, вып. 4. – С. 669 683.
2. *Генотипические* особенности реакции растений на средневолновую ультрафиолетовую радиацию / *П. Д. Усманов, И. Г. Медник, Б. И. Липкинд, Ю. Е. Гиллер* // Физиол. растений. – 1987. – Т. 34, вып. 4. – С. 720–729.
3. *О влиянии* дополнительного ультрафиолетового облучения на продуктивность и пищевую ценность овощей в условиях защищенного грунта / *Н. А. Голубкина, М. В. Добровольский, Л. Б. Прикупец, Н. Н. Протасова* // Светотехника. – 1994. – №6. – С. 2–5.
4. *Сторожев И. П.* Влияние УФ – облучения на качество и урожайность овощной продукции в зимних теплицах / *И. П. Сторожев, В. П. Гусаров* // Науч. тр. ВНИИЭСХ. – 1988. – Т. 71 – С. 46–54.
5. *Фрайкин Г. Я.* Некоторые проблемы в современной ультрафиолетовой фотобиологии / *Г. Я. Фрайкин* // Физиол. растений. 1987. – Т. 34, вып. 4. – С. 712–719.
6. *Дубров А. П.* Действие ультрафиолетовой радиации на растения / *А. П. Дубров* // Издательство Академии наук СССР. – М., 1963. – С. 23.
7. *Червінський Л. С.* Світлокультура рослин – Історія виникнення і становлення / *Л. С. Червінський, Л. О.Сторожук* // Електронний ресурс Історія науки і біографістика. – 2006. – №1. – Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals /inb/20061/06clsivs.html.
8. *Червінський Л. С.* Оптичні технології у рослинництві / *Л. С. Червінський* // "СВІТЛО люкс", наук.-практ журнал. – Електроінформцентр України. – №3. – 2003. – С. 40–42.
9. *Lockhart J. A.* Brodfűhrer-Franzgrotte U. The effect of UV radiation on plants.- Hand. d. Pflanzenphysiol. W. Ruhland (Hrsg). Berlin-Göttingen. – Heidelberg, 1961. – №16. – 532 p.
10. *Gilles E.* 1939 Quelques remarques sur les effects du rayonement de la lampe a vapeur de mercure sur les plantules. – C R. des Seances de .la Soc. de Biol. – 112. – 14. – 1409.

11. *Klein R. M.* 1965. Effect of near UV and green radiation on plant growth / *Klein R. M., Edsall P. C., Gentile A. G.* – Plant Physion. – 40. – 5. – 903.
12. *Partanen C.* R., Nelson. 1961. Induction of plant tumors by UV radiation. – Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 47. – 1165.

Аннотация. *Обосновывается необходимость искусственного дооблучения растений длинноволновым ультрафиолетовым излучение при выращивании растений в сооружениях защищенной почвы.*
Ключевые слова: ***требования, спектр, излучение, растения***

Annotation. *The necessity of lamplight of plants is grounded long-wave ultraviolet radiation at growing of plants in building of the protected soil.*
Key words: ***requirements, spectrum, radiation, plants***

УДК 62-83:621.313.333

АВТОНОМНИЙ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИЙ КОМПЛЕКС З КОМПЕНСОВАНИМИ АСИНХРОННИМИ МАШИНАМИ

Р. М. Чуєнко, С. С. Макаревич, кандидати технічних наук
В. В. Гаврилюк, інженер

Анотація. *Запропонована конструкція автономного електромеханічного комплексу із компенсованими асинхронними машинами.*
Ключові слова: ***автономний електромеханічний комплекс, компенсований асинхронний двигун***

Постановка проблеми. Важливим для практики, але досить важким режимом для електричних машин є спільна робота в автономній системі сумірних по величині потужностей генератора і двигуна. Особливо важко для обох машин у такій системі протікає процес пуску і розгону асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором від генератора змінного струму. Великий пусковий струм двигуна при малому пусковому моменті, що залежить від квадрату (U^2) напруги живлення, зниження цієї напруги при обмеженій потужності генератора зменшують можливості задовільного запуску АД в автономній системі. Чотири-п’ятикратне форсування збудження синхронного генератора підтримує рівень напруги при накиді

© Р. М. Чуєнко, С. С. Макаревич, В. В. Гаврилюк, 2016

навантаження, що забезпечує запуск і нормальну роботу асинхронного двигуна потужністю до 70% від потужності генератора [2]. Використання асинхронного генератора з різким зниженням напруги при накиді навантаження, з потребою великої реактивної потужності для компенсації її в навантаженні і для збудження самого генератора, складність регулювання і підтримки стабільності напруги практично виключається в автономних системах електропостачання з навантаженням у вигляді асинхронного двигуна сумірного з потужністю генератора.

Мета досліджень – розробка автономного електромеханічного комплексу із компенсованими асинхронними машинами.

Матеріали та методика досліджень. Внутрішня ємнісна компенсація реактивної потужності покращує властивості і підвищує можливості спільної роботи обох компенсованих асинхронних машин в так названому автономному електромеханічному комплексі.

Так в компенсованому асинхронному генераторі підвищується рівень напруги і ступінь жорсткості зовнішніх характеристик, покращуються умови стійкої роботи при збільшенні струму навантаження, можливе форсування збудження для підтримки рівня напруги при накиді навантаження; в двигуні зростає пусковий момент і знижується пусковий струм. Все це дозволяє асинхронним генератору і двигуну працювати разом у єдиній автономній системі. У генератора і двигуна при спільній їх роботі в складі автономного електромеханічного комплексу загальними є робоча напруга $\dot{U}$ і струм $\dot{I}$. Генератор повинен забезпечити рівень напруги, необхідний двигуну для створення моменту обертання, що задовольняє умову пуску, розгону і усталеного режиму роботи двигуна з заданим навантаженням.

У процесі пуску і розгону двигун повинен створювати обертовий момент *M*, що перевищує момент M_c його навантаження на валу на (10-15)%. Тобто, збитковий (надлишковий) момент ΔM двигуна повинен бути $\Delta M = M - M_c \geq (0{,}1 \div 0{,}15)M$ в усіх точках механічної характеристики в процесі розгону двигуна від ковзання *s* = 1 до $S \approx S_н^{'} + 0{,}01$, тобто до ковзання $s_н'$, близького до значення при його навантаженні. Тільки в усталеному режимі роботи при ковзанні $s_н'$, відповідному заданому навантаженню двигуна, його момент повністю урівноважує момент навантаження, $M=M_c$. При цьому ковзання $s_н'$ залежить від навантаження на валу і може відрізнятися від номінального $s_н$, що відповідає номінальному моменту $M_н$ навантаження. Розрахунок режиму роботи як двигуна, так і живлячого його генератора, проводять при заданому навантаженні

двигуна і його ковзання в межах (0≤s≤1), в тому числі і при $s_н$ для номінального $M_н$. Для асинхронного генератора як і для двигуна, в автономній системі можна використовувати різні способи компенсації, але в генераторі варто віддати перевагу максимальному ступеню компенсації – узагальненому (УКААГ), що забезпечує його спільну роботу із будь-яким асинхронним двигуном (рис. 1) потужністю до 70% від номінальної потужності генератора. Така величина гранично допустимої потужності двигуна прийнята, і в автономній системі з синхронним генератором (СГ), що створює передумову для об'єктивної порівняльної оцінки автономних систем з СГ і УКААГ. Найбільш сприятливі умови для спільної роботи в автономній системі створюються по схемі рис. 1, а, де обидві машини (УКААГ і УКАД) мають властивості підвищеної ефективності при узагальненій ємнісній компенсації реактивної потужності.

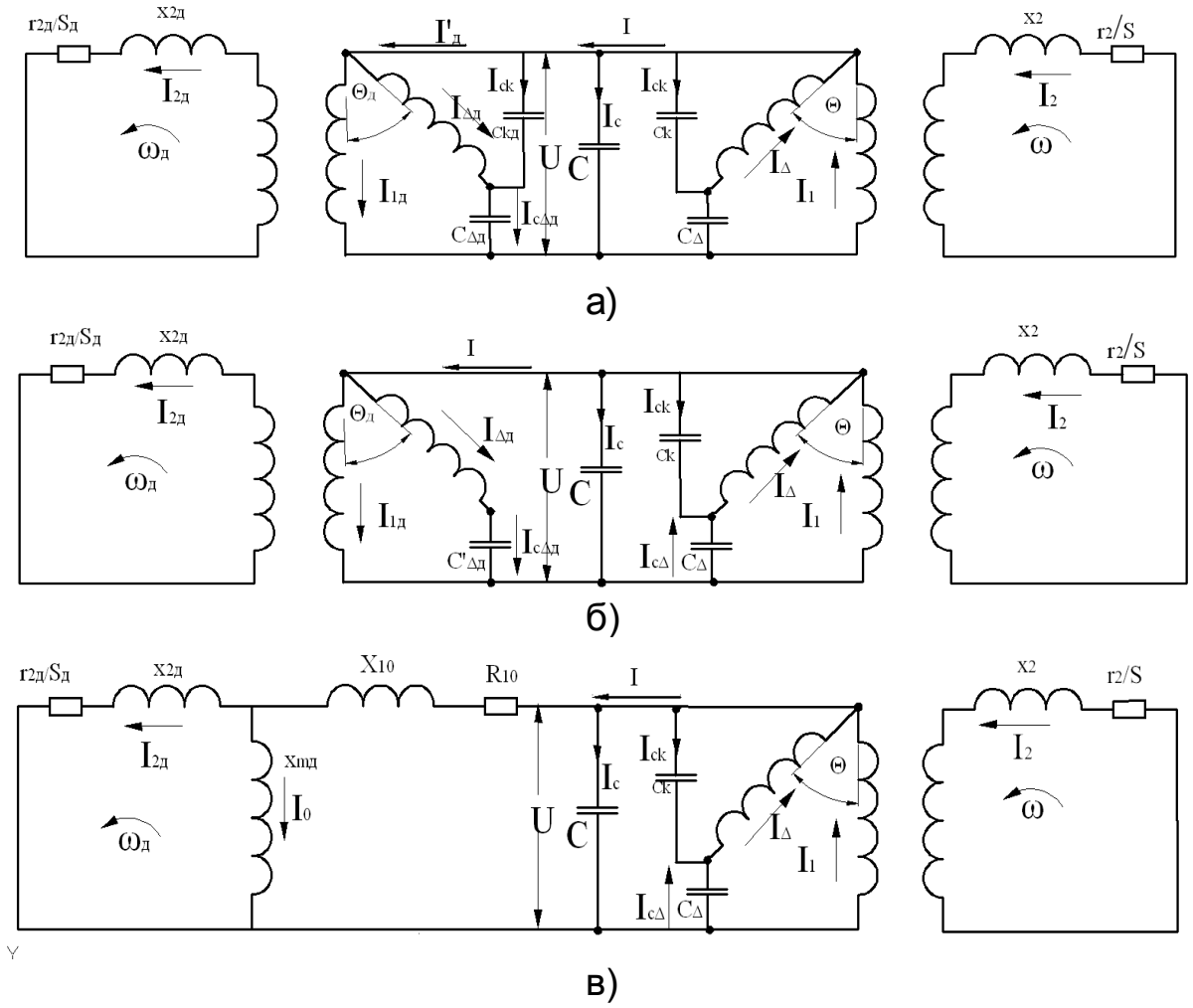
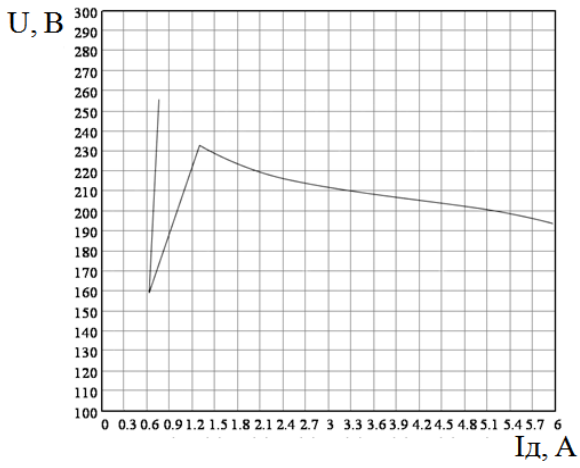


Рис. 1. Принципові електричні схеми автономного електромеханічного комплексу при роботі узагальненого асинхронного генератора (УКААГ) на асинхронний двигун УКАД – а, КАД – б, базовий АД – в.

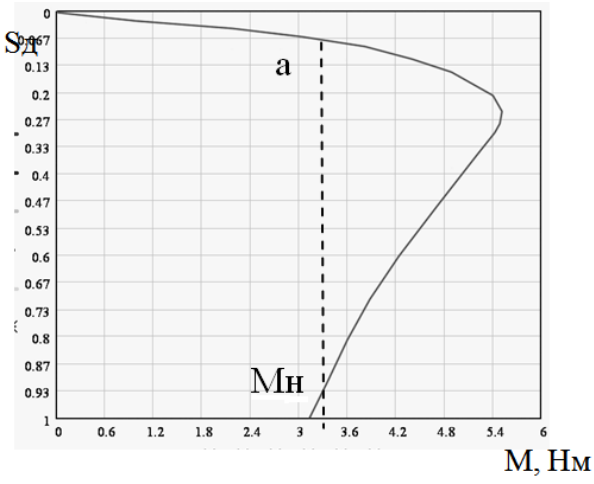
Задовільною, при певних параметрах узагальненої ємнісної компенсації, можливо і робота УКААГ на серійний асинхронний двигун (рис. 1, в) сумірної (до 70%) з ним потужності. Якщо пуск і розгін АД в цьому варіанті дасть допустимі результати, то по іншим варіантах (рис. 1, б) роботи УКААГ з компенсованими двигунами (КАД) вони будуть звичайно що кращими.

Результати досліджень. У якості прикладу наведемо результат розрахунку характеристик машин і визначення умов спільної роботи їх в електромеханічному комплексі приймаємо узагальнений компенсований генератор (УКААГ), виконаний на базі АД 4А71В2 $P_н = 1{,}1$ кВт і серійний асинхронний двигун 4А71А2 $P_н$ =0,75 кВт, $I_н$ =1,7 А, $U_н$=220 В, $M_н$=2,54 Нм, x_{m0}= 337,2 Ом та іншими параметрами по [1].

Але в автономній системі двигун зашунтований ємністю *С* з опором x_c для компенсації його реактивної потужності і для збудження генератора. Загальний опір $Z = \frac{-jx_c Z_д}{Z_д - jx_c} = r + jx$ на виході генератора при зменшенні ковзання $S_д$ двигуна змінюється на відміну від зміни опору $Z_д$ двигуна. Так за малої ємності зі зростанням опору $x_д$ при малому ковзанні $s_д$ загальний реактивний опір x в складі $Z = r + jx$ змінює свій знак, переходячи через x=0. Це повторно призводить до зниження напруги генератора. Перше зниження виникло на початку пуску двигуна при $s_д = 1$, малих опорах Z_2 і $Z_д$ і максимальним накидом пускового струму $I_д$, зі зменшенням пускового моменту. При досягненні $s_д$ величин 0,2–0,1 при переході загального реактивного опору x на виході генератора через нуль і зміні його знаку виникає повторний спад напруги генератора, і відповідно зниження моменту двигуна. За малого навантаження продовжується розгін двигуна з підвищенням напруги, долається зменшення моменту. При навантаженні, відповідної точки *а* механічної характеристики, двигун переходить в режим усталеного процесу з пониженою швидкістю і незадовільними показниками по струму, втратам потужності, стійкості в роботі зі змінами навантаження. Вплив на генератор зміною його ємнісних параметрів x_c, $x_{c\Delta}$, x_{ck} можливо послаблення або навіть виключення окремих недоліків в процесі пуску і розгону АД. Так при збільшенні ємності «С» на виході генератора (прийнявши $x_c = 50$ Ом) загальний опір $Z = r + jx$ при розгоні двигуна плавно зростає, не змінюючи свого активно-ємнісного характеру. Збільшується рівень напруги генератора при пуску двигуна та його пусковий момент. Двигун розганяється під навантаженням і працює в усталеному режимі стійко (рис. 2).



а)



б)

Рис. 2. Зовнішні характеристики компенсованого генератора (УКААГ) на базі 4А71В2 (а) та механічні характеристики асинхронного двигуна 4А71А2 (б) під час їх сумісної роботи: при $x_{c\Delta}$ =150 Ом, x_{ck} =50 Ом, x_c =100 Ом.

Задовільні результати спільної роботи УКААГ (або КААГ) і серійного АД сумірної з генератором потужності можуть бути досягнуті і за інших співвідношень компенсувальних ємностей генератора, відповідних заданому режиму роботи автономного електромеханічного комплексу. При цьому необхідно враховувати, що в комбінації C, C_Δ, C_k ємність C забезпечує реактивною потужністю навантаження і збудження генератора, реактивна енергія ємності C_Δ також збуджує генератор і підзбуджує його зі збільшенням навантаження, за допомогою ємності C_k форсують збудження і підтримують рівень напруги генератора при накиді навантаження. При закінченні пускової операції з двигуном ємність C_k генератора може бути відключена або переведена в режим компенсації реактивної потужності навантаження.

Висновок. Автономний електромеханічний комплекс у складі компенсований асинхронний генератор – компенсований асинхронний двигун має вищі енергетичні показники порівняно із комплексом у складі компенсований асинхронний генератор – асинхронний двигун при однакових зі сторони генератора умовах.

Список літератури

1. Асинхронные электродвигатели серии 4А : справочник / *А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф В. И. Афонин, Е. А. Соболевская*. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.

2. *Вольдек А. И.* Электрические машины / А. И. Вольдек. – Л.: Энергия, 1976. – 782 с.

3. *Компенсовані* асинхронні машини: монографія / [*В. І. Мішин, В. В. Каплун, Р. М. Чуєнко* та ін.]. – К.: КНУТД, 2012. – 221 с.

Аннотация. *Предложена конструкция автономного электромеханического комплекса с компенсированными асинхронными машинами.*
Ключевые слова: ***автономный электромеханический комплекс, компенсированный асинхронный двигатель***

Annotation. *The construction of autonomous electromechanics complex with compensated asynchronous machines is offered.*
Key words: ***autonomous electromechanical complex, compensated induction motor***

УДК 629.631.554

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНА ВІД КОМБАЙНІВ НАПІВПРИЧЕПАМИ САМОСКИДАМИ

С. Г. Фришев, доктор технічних наук

Анотація. *Обґрунтовано удосконалення технологічного процесу перевезення зерна від комбайнів напівпричепами самоскидами та уточнена відповідна методика визначення раціональних параметрів при застосуванні для роботи в полі підкатних візків.*
Ключові слова: ***перевезення зерна, комбайни, напівчовниковий рух, напівпричіп самоскид, підкатний возок, продуктивність***

Постановка проблеми. Застосування автомобільних напівпричепів (НП) самоскидів в якості міжопераційних компенсаторів в технологічному ланцюзі «збиральні комбайни (ЗК) – транспортні засоби (ТЗ)» набуває практичного застосування в останній час у зв’язку з розробкою і впровадженням у виробництво спеціального тракторного сідельного зчіпного пристрою аналогічного за конструкцією з автомобільним [1]. Такий пристрій значно скорочує витрати часу на причеплення – відчіплення НП і підвищує ефективність технології перевезення зерна за рахунок виключення простоїв автомобілів. Але виробниче застосування такого пристрою обмежено двома факторами: 1) сідельний зчіпний пристрій встановлюється заводами-виробниками лише на деякі марки тракторів, 2) застосування такого пристрою збільшує навантаження на колеса трактора від НП, що призводить до ущільнення ґрунту.

Тому актуальне удосконалення технологічного процесу перевезення зерна від комбайнів напівпричепами самоскидами із

© С. Г. Фришев, 2016

збереженням позитивних його характеристик та усуненням недоліків, а також відповідно уточнення методики визначення раціональних параметрів перевезення.

Аналіз останніх досліджень. Відомий метод підвищення ефективності роботи збирально-транспортного комплексу (ЗТК) для зернових культур із застосуванням в якості компенсаторів автомобільних НП самоскидів під час організації напівчовникового руху транспортних засобів [2, 3]. В роботі [1] розглянуто лише індивідуальний варіант роботи НП з групою авто-тягачів.

Поширення цього методу відбувається в останній час у зв'язку з розробкою і застосуванням у складі ТЗ, між трактором і НП, спеціального причепа – підкатного візка, який обладнано зчіпним сідельним пристроєм (сідлом – ідентичним з авто-тягачами) [4]. Застосування візка не обмежує використання будь-якого трактора у складі транспортного агрегату з НП, а з урахуванням додаткових опорних коліс візка зменшує питомий тиск на грунт. Організація перевезень напівпричепами самоскидами із застосуванням напівчовникового їх руху забезпечує як підвищення продуктивності комбайнів за рахунок створення умов для безперервної їх роботи, так і зростання продуктивності транспортних засобів шляхом використання оборотних НП. Тому для повної оцінки умов роботи НП потрібен аналіз взаємодії групи НП з відповідною групою ЗК із оцінкою впливу підкатних візків на технологічний процес.

Мета досліджень. Підвищення ефективності машинного комплексу для збирання та транспортування зерна від комбайнів шляхом удосконалення технологічного процесу перевезення з уточненням методики обґрунтування раціональних параметрів та складу машин комплексу із застосуванням напівпричепів самоскидів.

Результати досліджень. Певний ефект в роботі технологічного ланцюга ЗТК для зернових культур досягається при забезпеченні раціонального складу таких двох його ланок: «ЗК – НП з підкатним візком та трактором» і «НП – автомобільний тягач (АТ)».

Спеціальний причіп – підкатний возок, який обладнано зчіпним сідельним пристроєм, містить також спеціальне дишло для з'єднання з трактором та ходову частину з однією або декількома колісними осями (рис. 1 – рис. 3). Технічна характеристика підкатних візків подана в табл. 1. Застосування підкатного візка дозволяє зменшити тривалість часу на перечіпку (відчіплення – причеплення) НП, а також знизити ущільнення ґрунту, оскільки частка ваги причепа з зерном сприймається колесами візка. Для прийому зерна з бункерів ЗК НП працює в полі з трактором та підкатним візком, а на дорозі від поля до хлібоприймального пункту (ХПП) – з АТ. Після заповнення зерном від комбайнів НП перевозиться на край поля,

відчіпляється і заміняється на пустий для подальшої роботи в полі, а завантажені НП перевозяться авто-тягачами на ХПП, розвантажуються і повертаються до краю поля, де відчіпляються.

Рис. 1. Причіп підкатний возок компанії Dolly Trailer.

Рис. 2. Причіп підкатний возок тракторний Тонар ПТТ-0000020.

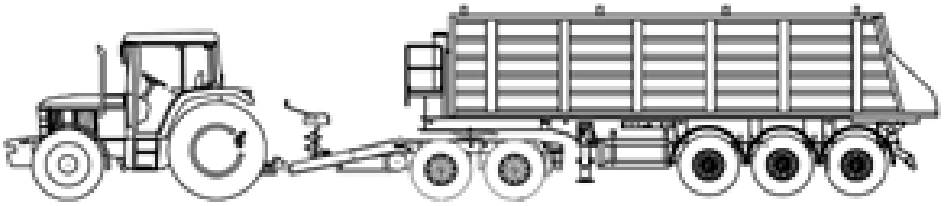


Рис. 3. Схема тракторного автопоїзда: напівпричіп з підкатним візком.

1. Характеристика тракторних двохвісних підкатних візків із зчіпним сідельним пристроєм.

Модель	1418 компаниії Dolly trailer (ФРН)	Тонар-ПТТ (РФ)
Максимальне навантаження на сідло (сідельно-зчіпний пристрій), т	17-22	18
Висота сідла, мм	1150-1350	1150-1350
Навантаження на вісь, т	9-14	8
Повна маса напівпричепа, не більше, т	-	21

Для розрахунку параметрів роботи ЗТК в роботі [1] розглянуто ритмічність роботи першої технологічної ланки: «ЗК – напівпричіп самоскид з трактором» і визначена кількість НП з тракторами, які одночасно з комбайнами працюють в полі за формулою:

$$n_{НП1} = \mathrm{CEILING}\frac{\mathrm{m}_K}{\rho}, \text{ од.}, \quad (1)$$

де: Ceiling – функція, яка повертає найближче більше ціле значення; m_K – кількість комбайнів; ρ – кількість бункерів зерна ЗК, що завантажується в НП:

$$\rho = INT(\omega_K \cdot d_B(\frac{9,25}{W_{KP}} + \frac{8,33}{W_{ШК}}) - 8,33t_{B-П} - 0,667),$$

де: INT – функція, яка повертає найближче ціле значення; W_{KP} – продуктивність ЗК за 1 годину основного часу, т/год; $W_{ШК}$ – продуктивність вивантажувального шнека ЗК за 1 годину основного часу, т/год; $t_{B-П}$ – середня тривалість перечіпки (відчіплення – причеплення) НП; ω_K – об'єм бункера комбайна, м^3; $d_в$ – об'ємна маса зерна, т/м^3.

Вибір вантажопідйомності НП виконується, виходячи з умови кратності вантажопідйомності кузова НП і бункера ЗК:

$$q_H \geq q_Б \rho, \quad (2)$$

де: $q_н$ – номінальна вантажопідйомність кузова обраного НП; $q_Б$ – маса зерна, яка міститься в бункері ЗК.

Друга умова вибору марки НП: місткість кузова ω_H обраного НП повинна бути кратною місткості бункера комбайна:

$$\omega_H \geq \omega_K \rho. \quad (3)$$

Виходячи з виразів (2), (3) вибираємо відповідну за вантажопідйомністю q_H марку НП. Умова поточності другої ланки «НП – АТ» розглянута нами для групи НП та АТ і має такий вид:

$$R_2 = I_2, \quad (4)$$

де: R_2 – ритм роботи групи НП з тракторами, год.; I_2 – інтервал надходження АТ, год.

Ритм роботи групи НП з тракторами визначається як:

$$R_2 = \frac{0,08 + 0,12\rho + 2t_{B-П}}{n_{НП1}}, \text{ год}, \quad (5)$$

Інтервал надходження АТ:

$$I_2 = \frac{t_{ОБ}}{n_{AT}} = \frac{2t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВИВ}}{n_{AT}}, \text{ год}, \quad (6)$$

де: $t_{ОБ} = 2t_{В-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВИВ}$ – тривалість обороту АТ, год; $n_{АТ}$ – кількість АТ, од; $t_{ВИВ}$ – тривалість перебування АТ в пункті розвантаження, яка залежить від рівня механізації і організації робіт, год; l_{ij} – відстань перевезення зерна з поля (пункту і) в пункт розвантаження (пункт j), км; v_T – середня технічна швидкість АТ на шляху від поля на тік, км/год.

Після підстановки значений з (5) та (6) в (4) та відповідного перетворення одержимо кількість автотягачів для перевезення зерна в ХПП з рівняння:

$$n_{АТ} = CEILING \frac{n_{НП1} t_{ОБ}}{0,08 + 0,12\rho + 2t_{В-П}} = CEILING \frac{n_{НП1}(2t_{В-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВИВ})}{0,08 + 0,12\rho + t_{В-П}}, \text{ од, (7)}$$

Загальна кількість НП, які потрібні для роботи ЗТК (рухаються, очікують причеплення та знаходяться під навантаженням) дорівнює кількості НП, що працюють у обох ланках: та визначається за формулою [3]:

$$П = П_1 + П_2, \text{ од.,} \quad (8)$$

де: $П_1$, $П_2$ – кількість НП відповідно у ланці «ЗК – НП з трактором» та «НП -АТ»;

$$П_1 = n_{НП1}, \text{ од.,} \quad (9)$$

$$П_2 = n_{АТ}(1 + \frac{(t_П + t_{ВИВ} + 2t_{В-П})v_T}{2(l_{ij} + v_T t_{В-П})}, \text{ од.,} \quad (10)$$

де: $t_П$ – середня тривалість навантажувальних операцій [2, 3]:

$$t_П = 0,08 + 0,12\rho, \text{ год.}$$

Після підстановки складових (9), (10) в рівняння (8) отримаємо загальну кількість НП як:

$$П = n_{НП1} + n_{АТ}(1 + \frac{(0,08 + 0,12\rho + t_{ВИВ} + 2t_{В-П})v_T}{2(l_{ij} + v_T t_{В-П})}), \text{ од.} \quad (11)$$

Порівняємо даний варіант технології збирання та перевезення зерна з найбільш прогресивною за темпами впровадження в Україні перевантажувальною технологією із використанням причепа-перевантажувача у наступному прикладі. Розглянемо застосування технологічних схем збирання урожаю зерна з площі 2100 га зерновими комбайнами Джон Дір 9780 і перевезення зерна на приймальний пункт ($W_{КР}$ =15,3 т/год, $\omega_К = 10м^3$, $d_В$ =0,75 т/м^3, урожайність U = 6 т/га, кількість робочих днів для збирання зерна за агровимогами $Д_Р$ = 10 днів, тривалість зміни $Т_{ЗМ}$ = 8 год, коефіцієнт змінності $К_{ЗМ}$ = 1,5, відстань перевезення зерна l_{ij} =8 км, v_T = 40 км/год). Розрахунки параметрів для технології із застосуванням НП проведено відповідно методики, яка

представлена в даної роботі. Для перевантажувальної технології розрахунки виконано згідно методики, яка міститься в роботі [5]. Результати розрахунків подано в табл. 2.

2. Порівняльні техніко-експлуатаційні та кількісні показники роботи ЗТК за перевантажувальною технологічною схемою та перевезеннями з використанням НП.

Варіанти технологій	Склад і кількість машин, од.							Середній виробіток одного АТЗ, т/р.д. (р.д. –робочий день)
	ЗК Джон Дір 9780	ПП Кінзе 850	НП Langerdorf	трактор Джон Дір 8440	авто-тягач Iveco Trakker AT260T44	АТЗ КамАЗ 6520 AGRO	підкатний возок Dolly trailer	
Перевантажувальна технологічна схема	9	3	-	3	-	6	-	210
Перевезення напівпричепами	9	-	7	3	4	-	3	315

З представлених даних видно, що використання НП, які працюють за напівчовниковим рухом у двох ланках: в полі та на дорозі, забезпечує підвищення продуктивності (середнього виробітку) АТЗ в 1,5 рази з 210 до 315 т/р.д. за рахунок зменшення їх простоїв. Це дозволяє відповідно зменшити їх кількісний склад в ЗТК.

Висновки

1. На підставі теоретичного аналізу роботи ЗТК із змінними автомобільними напівпричепами самоскидами обґрунтовано удосконалення технологічного процесу перевезення зерна від комбайнів напівпричепами самоскидами та уточнена відповідна методика визначення раціональних параметрів комплексу при застосуванні в полі підкатних візків.

2. Застосування групи НП, які працюють за напівчовниковим рухом у двох ланках: в полі та на дорозі, забезпечує мінімальні простої транспортних засобів, що дозволяє в 1,5 рази підняти їх продуктивність та відповідно зменшити їх кількість і скоротити витрати палива.

Список літератури

1. *Фришев С. Г.* Визначення складу збирально-транспортного комплексу із застосуванням автомобільних напівпричепів самоскидів / *С. Г. Фришев* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196,ч. 2. – С. 196.

2. *Капланович М. С.* Справочник по сельскохозяйственным транспортным работам / *М. С. Капланович*. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 315 с.

3. *Воркут А. И.* Грузовые автомобильные перевозки / *А. И. Воркут*. – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.
4. *Прицеп* подкатная тележка для с/х техники под эксплуатацию автомобильных полуприцепов. Рекламный проспект ООО «НПФ«МИДАС». – Украина, г. Харьков. – 24 с.
5. *Фришев С. Г.* Визначення раціональних параметрів технологічного ланцюга "зернові комбайни – причепи-перевантажувачі – автомобільні транспортні засоби" / *С. Г. Фришев, С. І. Козупиця* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2011. – Вип. 166,ч. 3. – С. 203–211.

Аннотация. *Обосновано усовершенствование технологического процесса перевозки зерна от комбайнов полуприцепами самосвалами и уточнена соответствующая методика определения рациональных параметров при применении для работы в поле подкатных возков.*
Ключевые слова: ***перевозка зерна, комбайны, получелноковое движение, полуприцеп самосвал, подкатной возок, производительность***

Annotation. *It is proved developments of technological process of conveyance of grain from combines by semi-trailers dump trucks and the matching technique of determination of rational parametres is specified at application for work in the field of roll sleigh.*
Key words: ***transportation of grain, harvesters, semi-shuttle movement, dump semi-trailer, roll sleigh, productivity***

УДК 631:372

КОМПОНУВАЛЬНА СХЕМА САМОХІДНОГО ШАСІ – РЕАЛІЇ КОНСТРУКЦІЇ І НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ

Г. В. Шкарівський, кандидат технічних наук

Анотація. *Викладено результати аналізу розвитку конструктивно-компонувальної схеми самохідного шасі сільськогосподарського призначення.*
Ключові слова: ***мобільний енергетичний засіб, компонування, самохідне шасі, конструкція, розвиток***

Постановка проблеми. Мобільний енергетичний засіб (МЕЗ) є основою для створення машинно-тракторних агрегатів (МТА). Обсяг технологічних операцій, які можуть бути виконані з використанням

© Г. В. Шкарівський, 2016

даного енергозасобу та ефективність його використання у складі агрегату визначають склад машинно-тракторного парку господарства, а звідси і собівартість кінцевої продукції. Саме можливість створення агрегатів різного призначення і компонування істотно залежить від конструктивно-компонувальної схеми МЕЗ. Останнім часом підприємства з виготовлення спеціалізованих самохідних машин ставлять акценти на створення таких агрегатів на базі самохідних шасі. За таких умов актуальними є питання, які спрямовані на вивчення напрямів розвитку конструктивно-компонувальних схем МЕЗ і відповідають положенням державної цільової програми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі.

Аналіз останніх досліджень. Експлуатація МЕЗ конструктивно-компонувальної схеми самохідного шасі пов'язана як перевагами, так і з проблеми, які її супроводжують. Однією з основних проблем компоновки самохідного шасі, на даному етапі, є недосконалість загальної конструкції в частині максимальної реалізації потенційних тягових показників та незадовільні умови агрегатування з машинами і знаряддями за умови використання штатних пристроїв для агрегатування. Останнє і пояснює те, що і сьогодні не припиняються науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи покликані усунути недоліки названої конструктивно-компонувальної схеми. Це потребує зміни загальної конструкції машин і знарядь для створення таких агрегатів. У зв'язку з цим науковці та машинобудівна промисловість концентрують свої зусилля на двох напрямах, а саме: розробленні машин і знарядь для агрегатування з самохідними шасі; вдосконаленні умов агрегатування. Роботи, що виконувались за цими напрямами не рідко передбачали вдосконалення загального компонування енергозасобу, але, в більшості випадків, зводились до вдосконалення технологічних модулів та розроблення пристроїв для покращення умов агрегатування. Конкретні технічні рішення та результати окремих досліджень з названих напрямів викладені в роботах [1–9].

Мета досліджень. Визначити реальний стан використання та напрями розвитку конструктивно-компонувальної схеми МЕЗ типу «самохідне шасі».

Результати досліджень. Конструктивно-компонувальна схема МЕЗ підпорядкована функціональному призначенню енергозасобу і характеризується сукупністю окремих конструктивних характеристик, а саме: розмірами і типом рушіїв; розташуванням агрегатів і систем; наявністю вільного простору для навішування машин, знарядь і установки технологічних місткостей; базою; величиною дорожнього та агротехнічного просвітів; координатами центру мас [10].

Тракторне самохідне шасі (часто вживають словосполучення «самохідне шасі», або «шасі») – транспортний моторизований засіб, що серійно випускається і виконаний, переважно, на базі вузлів і агрегатів тракторів. Самохідні шасі (рис. 1, *а*) за компонуванням займають особливе місце серед універсальних тракторів.

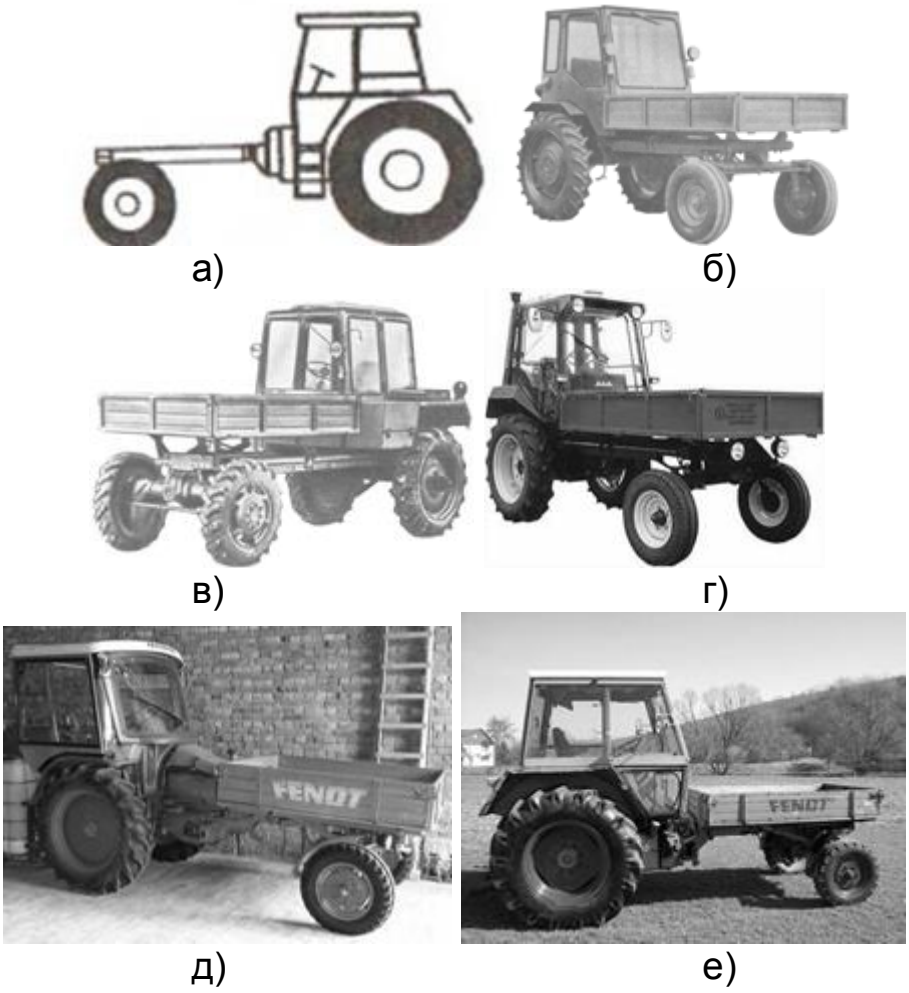


Рис. 1. Тракторні самохідні шасі вітчизняного та закордонного виробництва: а – принципова схема; б – самохідне шасі типу Т-16МГ (Україна); в -самохідне шасі типу СШ-28 (Україна); г – самохідне шасі типу ВТЗ-30СШ (Росія); д – самохідне шасі типу Fendt F 231 GT (Німеччина); е – самохідне шасі типу Fendt F 255 GT (Німеччина).

Таке шасі характеризується тим, що двигун, трансмісія, пост керування з кабіною утворюють єдиний блок, розташований над заднім мостом шасі, передня частина являє вільну раму для установки кузова або навішування машин і знарядь. У самохідних шасі типу Т-16МГ (рис. 1 *а*, *б*), що випускаються Харківським заводом самохідних шасі (Україна) та Володимирським тракторним заводом (рис. 1 *в*), реалізовано заднє розташування двигуна за кабіною, що ускладнює агрегатування машин і знарядь позаду МЕЗ,

як це характерно для енергозасобів класичної та інтегральної компоновок. Названий недолік в конструкціях самохідних шасі виробництва фірми Fendt (Німеччина) усунений шляхом розташування двигуна перед кабіною в міжбазовому просторі (рис. 1 *г*, *д*). Аналіз конструкції та досвід використання самохідних шасі показує, що їх можна використовувати у складі агрегатів різного призначення та побудови. На рис. 2 представлені можливі зони агрегатування технологічних модулів з самохідним шасі, які дозволялиі створювати на їх базі агрегати різного призначення і компонування, що пояснюється наявністю додаткових зон для агрегатування у порівнянні з енергозасобами класичної та і інтегральної компоновок.

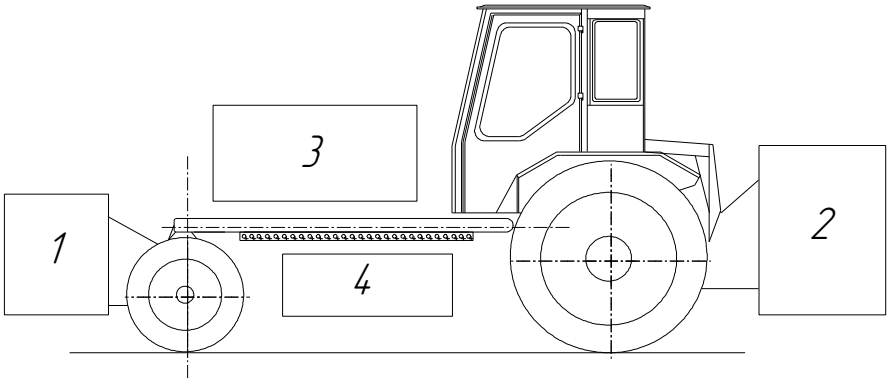


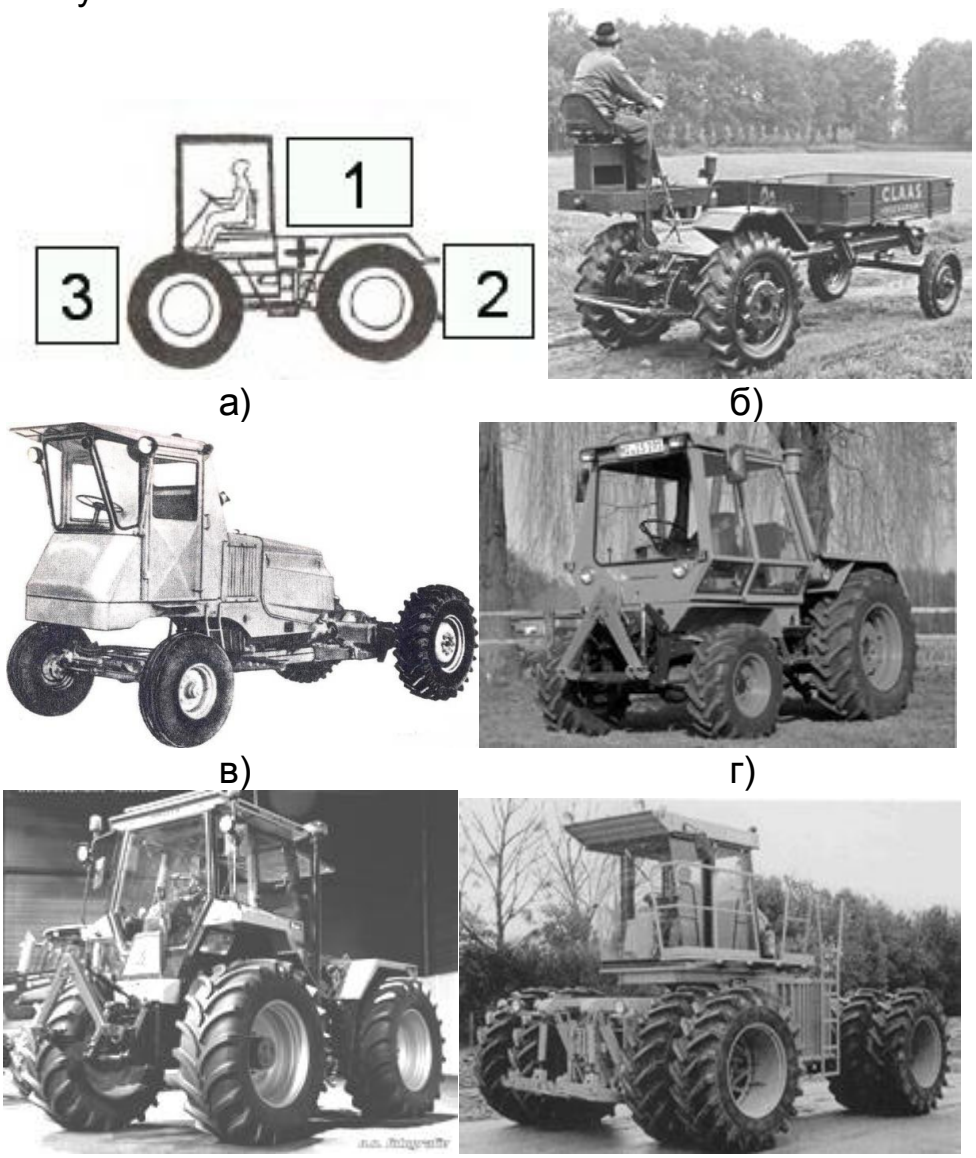
Рис. 2. Можливі зони агрегатування самохідного шасі: 1 – фронтальна начіпка технологічного модуля; 2 – задня начіпка технологічного модуля; 3 – начіпка (установка) технологічного модуля на раму самохідного шасі; 4 – міжбазова начіпка технологічного модуля/

На окрему увагу заслуговують трактори з вільним оглядом (рис. 3) запропоновані фірмою Fendt на початку 90-х років як проміжна компоновка між самохідним шасі і інтегральним трактором, спрямована на збільшення ролі переднього ведучого моста в реалізації тягового зусилля і збільшення маси знарядь, які призначені для навішування спереду.

Сфера застосування тракторів з вільним оглядом практично перекриває сферу застосування машин класичної та інтегральної компоновок і має переваги в можливості розташування на рамі енергозасобу і під рамою робочих органів машин і знарядь, технологічних місткостей тощо без погіршення вимог ергономіки. Таким чином зони агрегатування такого енергозасобу з технологічними модулями аналогічні тим, що приведені на рис. 2, але при цьому проявляються більш широкі можливості для створення комбінованих агрегатів.

а) б)

Рис. 3. Трактор з вільним оглядом: а – принципова схема; б – трактор типу Fendt 380 GT.



а) б)

в) г)

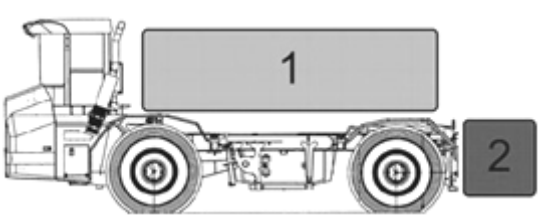
д) е)

Рис. 4. Несучі багатоцільові самохідні шасі: а – принципова схема; б –самохідне шасі Claas Huckepack; в –самохідне шасі СШ-75 (подібна компоновка СШ-65, СШ-100, СШ-150); г – енергозасіб Deutz Intrac 2003; д – енергозасіб Deutz-Fahr Intrac 6.60; е – енергозасіб Bima 300; 1, 2, 3 – зони розташування технологічних модулів.

Несуче багатоцільове самохідне шасі (рис. 4. *а*) призначене для агрегатування з збиральними машинами (силосозбиральні і бурякозбиральним комбайнами і ін.) і знаряддями загального призначення (передньо- і задньоначіпні плуги, культиватори), що збільшує його річне завантаження. Рама шасі може бути цільною (рис. 4. *б, в*) або складеною (рис. 4. *г*) з двох піврам, з'єднаних шарнірно. Для поліпшення керованості шасі передня піврама може бути виконана дещо коротшою за задню. Кабіна має можливість переміщатися вздовж поздовжньої осі, що покращує оглядовість і полегшує начіпку знарядь і машин від ґрунтообробних до збиральних. Згідно свого призначення несучі багатоцільові самохідні шасі істотно розширили сферу використання в бік створення на їх базі збиральних агрегатів та агрегатів загального призначення з передньо- та задньоначіпними знаряддями і машинами, включаючи і комбіновані. Слід також зазначити, що останнім часом на ринку сільськогосподарської техніки з'явилися нові виробники самохідних несучих багатоцільових шасі.

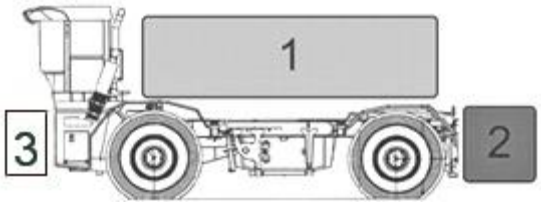
Так у світі відомі самохідні спеціалізовані збиральні машини фірми Holmer. Кілька років тому ця фірма презентувала багатоцільове несуче самохідне шасі (яке іноді ще називають системний транспортний засіб) створене з використанням вузлів і агрегатів енергетичного модуля самохідних спеціалізованих машин. Машини подібної конструкції відомі і під маркою Vredo (фірма-виробник із Нідерландів Vredo Dodewaard B.V.) – рис. 5.

Holmer Terra Variant WA



а) б)

Vredo VT 3936



в) г)

Рис. 5. Багатоцільові несучі самохідні шасі: а – принципова схема; б – загальний вигляд; 1, 2, 3 – зони розташування технологічних модулів.

Всі, згадані вище машини відносяться до МЕЗ конструктивно-компонувальної схеми «самохідне шасі» при тому, що можуть виконувати зовсім різний перелік технологічних операцій (за умови гарантованого забезпечення технологічними модулями) з різними показниками якості. Такі можливості МЕЗ враховуються під час дослідження їх рівнів універсальності. За результатами роботи [11] встановлено, що самохідне шасі типу Т-16МГ характеризується рівнем універсальності $K_{ук}$ = 0,38. Максимальне значення названого показника для конструктивно-компонувальної схеми «самохідне шасі», з урахуванням сучасного розвитку технологій тракторобудування і сільськогосподарського виробництва потенційно може скласти 0,95, а за умови збільшення максимальної швидкості руху і 1,00, тобто досягти найвищого значення. При цьому в сучасних технологічних процесах, що прийняті до реалізації в Україні енергозасоби створені за конструктивно-компонувальною схемою «самохідне шасі» практично не використовуються [12]. Однак, зважаючи на достатньо інтенсивне впровадження в сільськогосподарське виробництво самохідних шасі в провідних країнах світу, варто прогнозувати такі зміни і в Україні, як державі, де вагома частка національного валового продукту виробляється в аграрному секторі економіки. Також слід зважити на ту обставину, що згідно роботи [11] максимальних значень коефіцієнт універсальності досягатиме лише тоді, коли всі показники, які впливають на його значення будуть досягати максимально можливих, для даного рівня розвитку технологій, значень.

Конструктивно-компонувальна схема енергозасобу впливає на значення показника «наявність вантажного майданчика» [11] і визначає можливість агрегатування на рамі енергозасобу технологічного модуля з прямоточним технологічним процесом (зернозбиральний комбайн тощо). З приведених вище конструкцій самохідних шасі такими характеристиками володіють лише енергозасоби типу Claas Huckepack та СШ-75, де передбачено постійне (як в конструкції Claas Huckepack) бічне розташування поста керування, або можливість перестановки останнього на бік енергозасобу з допомогою відповідного обладнання (як в конструкції СШ-75). За таких умов, з метою отримання максимального значення коефіцієнта універсальності конструкції, доцільно виділити основні напрями розвитку конструктивно-компонувальної схеми самохідних шасі – рис. 6.

Таким чином можна стверджувати, що енергозасоби, які мають компоновку самохідного шасі, у відповідності до вимог споживача, можуть в широкому діапазоні характеристик змінювати свої споживчі якості до досягнення максимального рівня універсальності

конструкції $K_{ук}$ = 1,00 за рахунок реалізації трьох варіантів схем, а саме: 1 – розташування поста керування над задньою віссю і заднє розташування двигуна, не реверсивний пост керування, не реверсивна трансмісія а всі інші ознаки повинні відповідати тим, що викладені в роботі [10] стосовно компоновки самохідного шасі (аналог Т-16МГ); 2 – реверсивний пост керування, реверсивна трансмісія, міжбазове розташування моторно-силового блока, а всі інші ознаки повинні відповідати тим, що викладені в роботі [10] стосовно компоновки трактора з вільним оглядом (рис. 4 аналог Fendt 380 GT); 3 – реверсивний переставний в поперечно-вертикальній площині пост керування, реверсивна трансмісія, міжбазове розташування моторно-силового блока, а всі інші ознаки повинні відповідати тим, що викладені в роботі [10] стосовно несучого багатоцільового самохідного шасі.

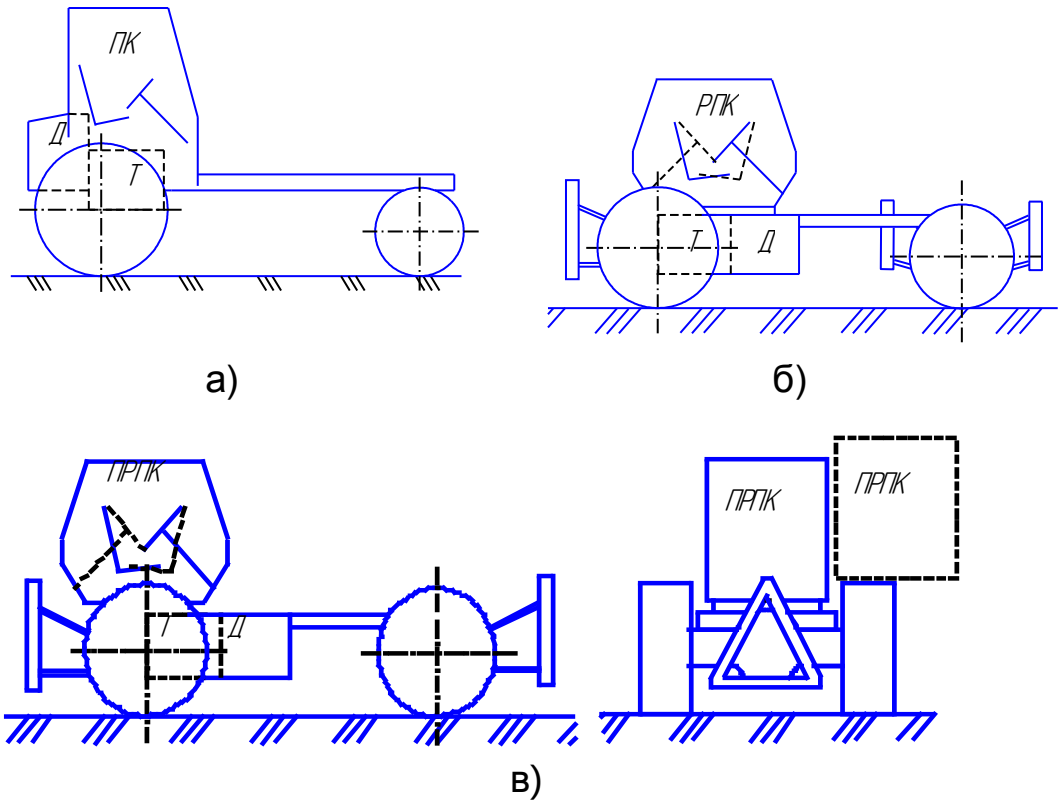


Рис. 6. Конструктивно-компонувальна схема самохідного шасі та прогноз її розвитку: а – схема енергозасобу типу Т-16МГ; б – схема енергозасобу типу Fendt 380GHA; в – перспективна схема самохідного шасі; Д – двигун; Т – трансмісія; ПК – пост керування; РПК – реверсивний пост керування; ПРПК – переставний реверсивний пост керування.

Висновок. В результаті проведених досліджень встановлено, що з метою забезпечення вимог споживача конструктивно-

компонувальну схему самохідного шасі доцільно реалізовувати з дотриманням її основних ознак притаманних власне самохідному шасі, трактору вільного огляду та несучому багатоцільовому шасі, які концентруються у трьох варіантах схемних рішень, а саме: 1 – розташування поста керування над задньою віссю і заднє розташування двигуна, не реверсивний пост керування, не реверсивна трансмісія; 2 – реверсивний пост керування, міжбазове розташування моторно-силового блока реверсивна трансмісія; 3 – реверсивний переставний в поперечно-вертикальній площині пост керування, реверсивна трансмісія, міжбазове розташування моторно-силового блока.

Список літератури

1. *Изаксон И. Х.* Унивесальное самоходное шасси с комплектом навесных машин / *И. Х. Изаксон* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1962. – №10. – С. 16–18.
2. *Евтенко В. Г.* Развитие модульного принципа создания мобильных энергетических средств / *В. Г. Евтенко, А. Н. Лысенко* // Техника в сельском хозяйстве. – 1991. – №2. – С. 13–14.
3. *Погорілий Л. В.* Мобільна сільськогосподарська енергетика / *Л. В. Погорілий, В. Г. Євтенко*. – К.: Феникс. 2005. – 184 с.
4. *Рейнгарт Э. С.* Механизация навески сельхозмашин на самоходное шасси / *Э. С. Рейнгарт, В. А. Хвостов, С. Е. Селифанов* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2009. – №3. – С. 12–13.
5. *Петров Г. Д.* Создание самоходных сельхозмашин на базе высвобождаемого энергетического модуля / *Г. Д. Петров, В. А. Хворостов, И. Н. Серебряков, В. В. Дудка, В. С. Глуховський, А. К. Сарапулов, А. А. Покуса, В. Г. Кузминов, М. Г. Дальниченко, Г. Н. Смакоуз* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1987. – №12. – С. 12–17.
6. *Писаренко А. Е.* Создание малоэнергоемкой ресурсосберегающей техники для АПК Украины / *А. Е. Писаренко* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005. – № 6. – С. 18–19.
7. *Шкарівський Г. В.* Підвищення ефективності використання самохідних шасі / *Г. В. Шкарівський, С. П. Погорілий, А. С. Кохно* // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. – Вип. 27. – С. 35–43.
8. *Шкарівський Г. В.* До питання обґрунтування доцільності впровадження блоково-модульної побудови сільськогосподарських машин / *Г. В. Шкарівський, С. П. Погорілий* // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2006. – Вип. 4 (38). – С. 286–295.
9. *Шкарівський Г. В.* Перспективи агрегатування самохідного шасі / *Г. В. Шкарівський, С. П. Погорілий* // Motrol: Motoryzacja i energetyka polnictwa. – Lublin, 2007. – Tom 9A. – P. 194–201.
10. *Компоновка* тракторов [електронний ресурс] / Режим доступу: http://vostok-agro.info/dokumentaciya/komponovka-traktorov.html.
11. *Шкарівський Г. В.* Дослідження впливу загальної конструкції МЕЗ на показники його універсальності при створенні машинно-тракторних агрегатів / *Г. В. Шкарівський* // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ "ІМЕСГ", 2004. – Вип. 88. – С. 70–77.

12. *Шкарівський Г. В.* Дослідження показників універсальності тракторів, зайнятих у виконанні основних технологічних процесів / *Г. В. Шкарівський, С. П. Погорілий, А. С. Кохно* // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ "ІМЕСГ", 2004. – Вип. 88. – С. 78–85.

Аннотация. *Изложены результаты анализа развития конструктивно-компоновочной схемы самоходного шасси сельскохозяйственного назначения.*

Ключевые слова: ***мобильное энергетическое средство, компоновка, самоходное шасси, конструкция, развитие***

Annotation. *The results of the analysis of design-layout scheme of self-propelled chassis for agricultural purposes.*

Key words: ***mobile power tool, layout, self-propelled chassis, design, development***

УДК 697.921.4:514.174:001.8

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ГЕОМЕТРІЇ РОЗТАШУВАННЯ ОТВОРІВ У ПОВІТРОПРОВОДІ ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРА

В. М. Яропуд, здобувач*
Вінницький національний аграрний університет

Анотація. *В результаті експериментальних досліджень раціональної геометрії розташування отворів у повітропроводі теплоутилізатора встановлено, що варіант розташування отворів (отриманий згідно теоретичних досліджень) є найбільш ефективним, так як він забезпечує рівномірний розподіл потоку повітря по довжині теплоутилізатора.*

Ключові слова: ***мікроклімат, отвір, повітря, повітропровід, теплоутилізатор***

Постановка проблеми. Для досягнення максимальної продуктивності тварин, мікроклімат у тваринницьких приміщеннях (повітрообмін і температура повітря) доцільно забезпечити, з енергетичної точки зору, рекуперативними теплоутилізаторами, використання яких дозволяє економити енергію, що необхідна для нагрівання повітря в приміщеннях. Враховуючи технологічні умови

***Науковий керівник – кандидат технічних наук В. М. Пришляк**

© В. М. Яропуд, 2016

повітря в тваринницьких приміщеннях (значна запиленість – 6 мг/м^3, висока вологість – до 80%, наявність високої концентрації агресивних компонентів – аміаку до 20 мг/м^3, сірководню до 10 мг/м^3, вуглекислого газу до 0,28%) і результати аналізу конструкцій рекуперативних теплоутилізаторів було виявлено, що за санітарно-гігієнічними та експлуатаційними показникам, високою енергетичною ефективністю і низькою вартістю конструкції найбільш придатними для системи вентиляції є кожухотрубні теплоутилізатори типу «труба в трубі» [1]. На сьогодні існує велика кількість конструкцій кожухотрубних теплоутилізаторів [2, 3] і відповідні дослідження їх конструктивно-технологічних параметрів [4, 5, 6]. Однак в цих роботах мало приділено уваги вентиляційній складовій роботи теплоутилізатора, а саме геометрії розташування отворів.

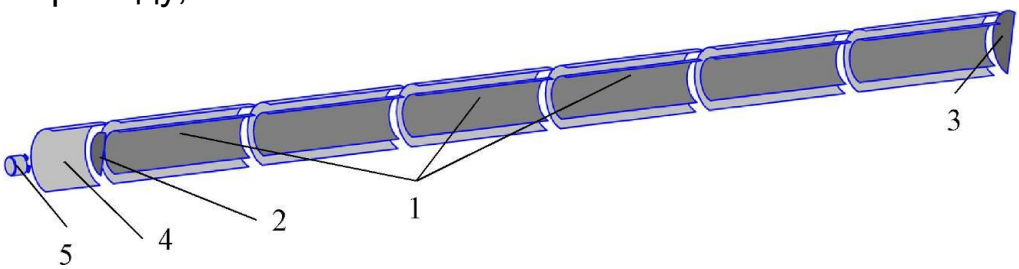
Аналіз останніх досліджень. В результаті теоретичних досліджень [7] розроблено методику і реалізовано на основі неї алгоритм визначення геометрії розташування отворів у повітропроводі тритрубного концентричного теплоутилізатора для тваринницьких приміщень [8]. Встановлено, що відстань між отворами поступово зменшується до певного значення в напрямку протилежному руху повітряного потоку. Однак в кінці повітропроводу теплоутилізатора спостерігається незначне зменшення відстані, що спричинено зворотнім потоком повітря, який зіштовхується із заглушеним кінцем.

Мета досліджень. Перевірити правильність зроблених в ході теоретичних досліджень висновків і встановити раціональну геометрію розташування отворів зовнішнього повітропроводу теплоутилізатора.

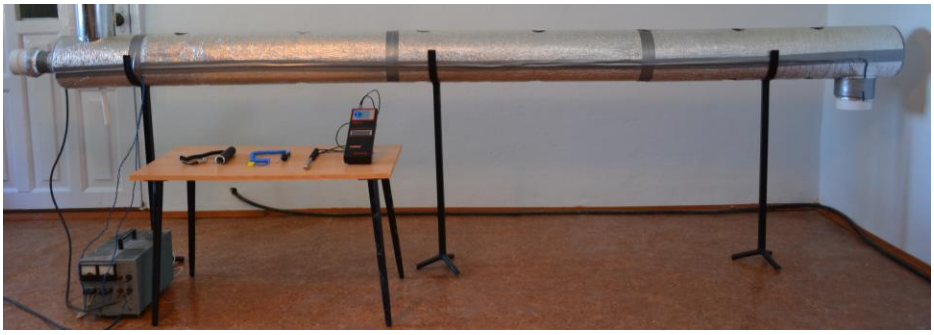
Результати дослідження. Для реалізації експериментальних досліджень виготовлено стенд, технологічна схема і загальний вигляд якого представлені на рис. 1. Експериментальний стенд складається із шести двотрубних модулів, двох заглушок, труби і вентилятора із регулятором продуктивності. Враховуючи теоретичні дослідження [7] були прийняті наступні конструктивні параметрами двотрубного модуля: довжина L_M = 1 м, діаметр зовнішньої труби D_M = 0,4 м, діаметр внутрішньої труби d_M = 0,274 м, товщина стінки труби δ_M = 0,0005 м. По довжині повітропроводу теплоутилізатора розташовані 14 отворів у двох виконаннях (рис. 2): із однаковою відстанню між ними та розрахованою відстанню згідно теоретичних досліджень [7]. Експериментальні дослідження раціональної геометрії розташування отворів у повітропроводі теплоутилізатора зводились до визначення об’ємних витрат повітря крізь отвори повітропроводу на одиницю його довжини і розраховуються за формулою:

$$\Omega = \frac{\sigma \cdot w_i}{x_i} = \frac{V}{L}, \qquad (1)$$

де: w_i – швидкість потоку повітря крізь і-ий отвір повітропроводу, м/с; σ – площа отвору, м^2; L – довжина теплоутилізатора, м; x_i – відстань між і-им і (і-1)-им отворами, м; V – об'ємні витрати повітря на початку повітропроводу, м^3/с.



а



б

Рис. 1. Технологічна схема (а) і загальний вигляд (б) експериментального стенда: 1 – двотрубний модуль; 2 – мала заглушка; 3 – велика заглушка; 4 – труба; 5 – вентилятор із регулятором продуктивності.

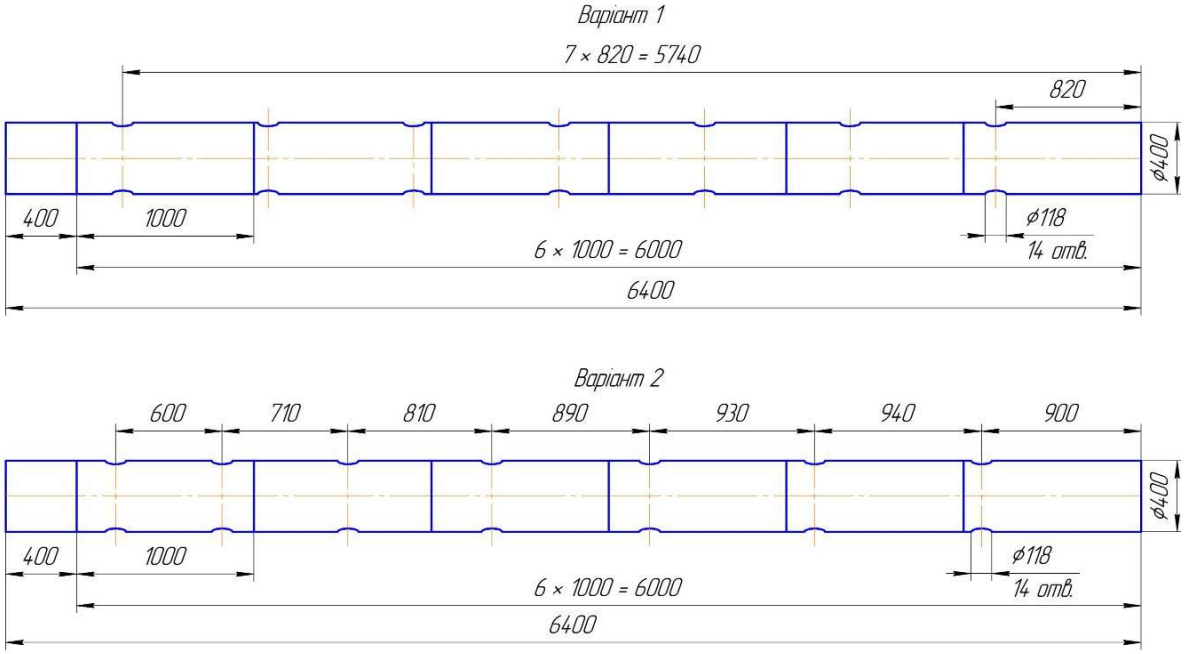


Рис. 2. Варіанти розташування отворів теплоутилізатора.

У разі виконання умови (1) встановлене розташування отворів теплоутилізатора є ефективним. Швидкість потоку повітря крізь і-й отвір повітропроводу w_i вимірювалась з використанням багатофункціонального вимірювального пристрою «Solomat MPM 500E». Необхідні об'ємні витрати повітря на початку повітропроводу V задавалася за допомогою регуляторів продуктивності вентиляторів «FL FS1,6». Необхідні об'ємні витрати повітря на початку повітропроводу V варіювалися в межах від 0,14 $м^3/с$ до 0,64 $м^3/с$ із кроком 0,1 $м^3/с$.

Згідно розробленої методики експериментальних досліджень раціональної геометрії розташування отворів у повітропроводі теплоутилізатора реалізовано 6 дослідів для кожного з двох варіантів розташування отворів теплоутилізатора. Графічний аналіз результатів експериментів (рис. 3 – рис. 5) дозволив встановити, що другий варіант розташування отворів (який отримано згідно теоретичних досліджень [7]) є найбільш ефективним, так як він забезпечує рівномірний розподіл потоку повітря по довжині теплоутилізатора. Про даний факт свідчить постійність коефіцієнту Ω. На рис. 3 – рис. 5 видно, що швидкість повітря з отворів збільшується із збільшенням відстані між ними. Однак в кінці повітропроводу спостерігається зменшення швидкості повітря, що пов'язано із реверсивним рухом повітря. Даний рух виникає через наявність заглушки на кінці повітропроводу.

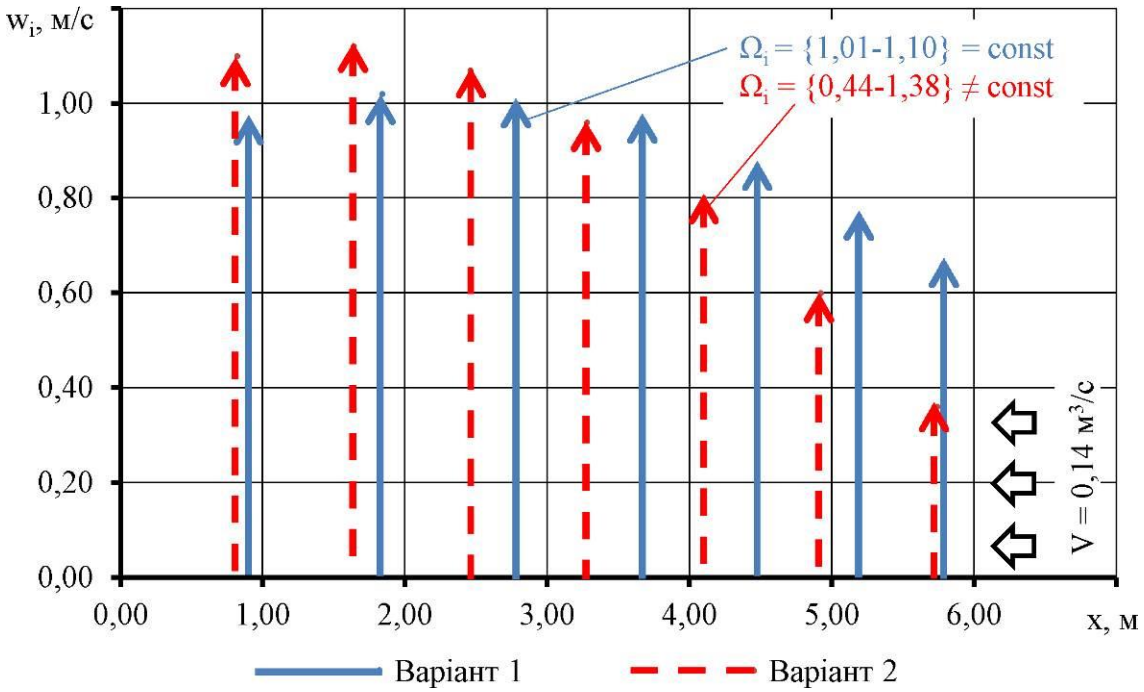


Рис. 3. Розподіл швидкостей повітря з отворів теплоутилізатора при заданих об'ємних витрат повітря на початку повітропроводу V = 0,14 $м^3/с$.

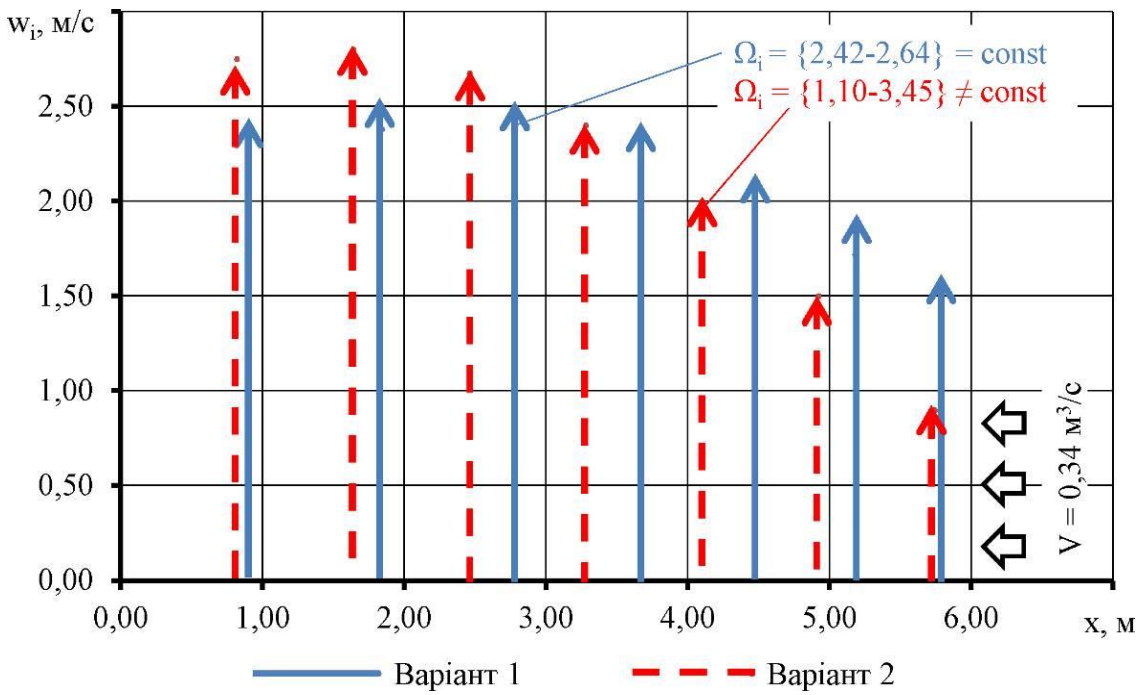


Рис. 4. Розподіл швидкостей повітря з отворів теплоутилізатора при заданих об'ємних витрат повітря на початку повітропроводу V = 0,34 м^3/с.

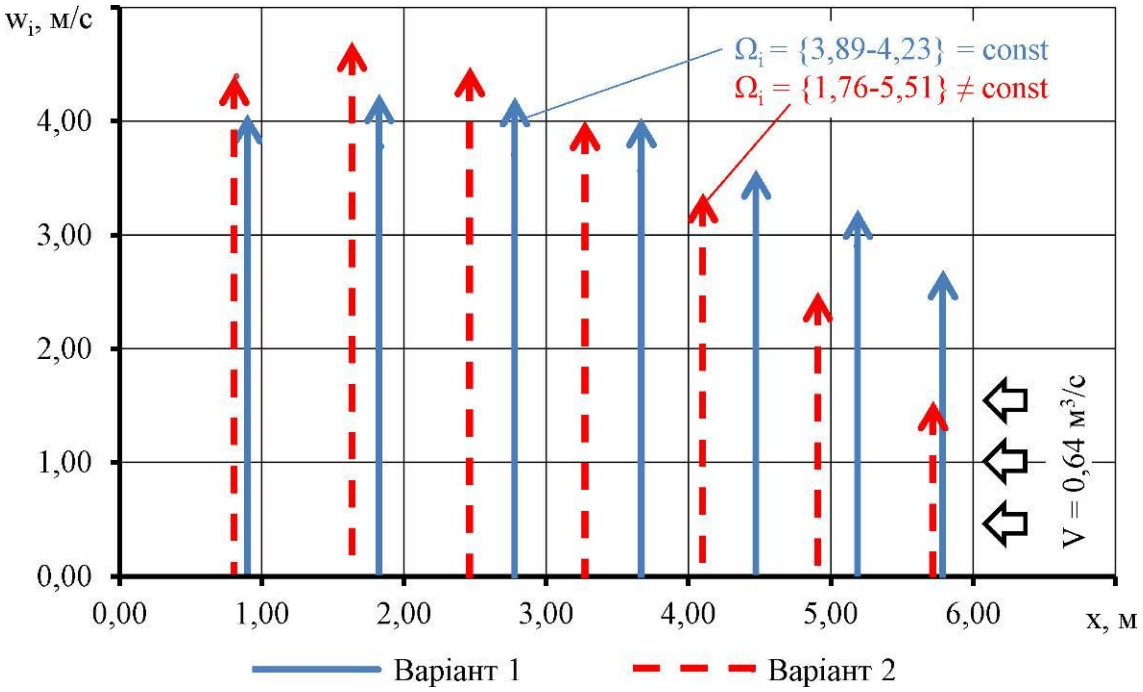


Рис. 5. Розподіл швидкостей повітря з отворів теплоутилізатора при заданих об'ємних витрат повітря на початку повітропроводу V = 0,64 м^3/с.

Для перевірки адекватності створеного алгоритму розрахунку геометрії розташування отворів в повітропроводі тритрубного теплоутилізатора було проведено порівняння теоретичного і

експериментального розподілу швидкостей повітря з отворів теплоутилізатора при заданих об'ємних витрат повітря на початку повітропроводу. Для кожного значення об'ємних витрат повітря на початку повітропроводу було розраховано коефіцієнт кореляції між теоретичним і експериментальним масивами даних, який знаходитися в межах R = 0,92-0,98.

Висновки

1. В результаті експериментальних досліджень раціональної геометрії розташування отворів у повітропроводі теплоутилізатора встановлено, що варіант розташування отворів (який отримано згідно теоретичних досліджень) є найбільш ефективним, так як він забезпечує рівномірний розподіл потоку повітря по довжині теплоутилізатора.

2. Встановлено, що створений алгоритм розрахунку геометрії розташування отворів в повітропроводі тритрубного теплоутилізатора є адекватним і може бути використаний для інженерних розрахунків, про що свідчить високий коефіцієнт кореляції між теоретичними і експериментальними даними R = 0,92–0,98.

Список літератури

1. *Пришляк В. М.* Обґрунтування конструктивних параметрів рекуперативних теплоутилізаторів для тваринницьких приміщень / *В. М. Пришляк, В. М. Яропуд* // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: технічні науки. – Вінниця, 2014. – Вип. 2 (85). – С. 102–111.
2. *Аппараты* теплообменные типа «Труба в трубе» [электронный ресурс] / Сетевой ресурс www.pzem.ru, Пензкий завод энергетического машиностроения. – Режим постоянного доступа: http://www.pzem.ru/katalog-produktsii/teploobmennoe-oborudovanie/apparaty-teploobmennye/apparaty-teploobmennye-tipa-truba-v-trube/. – Дата последнего просмотра 20.05.2014.
3. *Теплообменные* аппараты типа "Труба в трубе" [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс spetsmashservis.narod.ru, ООО «СпецМашСервис». – Режим постоянного доступа: http://spetsmashservis.narod.ru/katalog_ tbm_tt_dop7.html/. – Дата последнего просмотра 20.05.2014.
4. *García-Valladares O.* Numerical simulation of triple concentric-tube heat exchangers / *O. García-Valladares* // International Journal of Thermal Sciences. – 2004. – № 43. – P. 979–991.
5. *Incropera F. P.* Fundamentals of Heat and Mass Transfer / *F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman, A. S. Lavine*. – 2007. – 1048 p.
6. *Addisu Teka*. Thermal design of heat exchanger for a swimming pool: Degree Thesis / *Addisu Teka* // Arcada:Department of Technology. – 2012. – 43 p.
7. *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.
8. Пат. 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.

Аннотация. *В результате экспериментальных исследований рациональной геометрии расположения отверстий в воздуховоде теплоутилизатора установлено, что вариант расположения отверстий (полученный согласно теоретических исследований) является наиболее эффективным, так как он обеспечивает равномерное распределение потока воздуха по длине теплоутилизатора.*

Ключевые слова: ***микроклимат, отверстие, воздух, воздуховод, теплоутилизатор***

Annotation. *Experimental studies rational geometry of the openings in the duct heat exchanger is installed, what version of the hole (prepared according to the theoretical studies) it is the most effective since it ensures a uniform air flow distribution along the length of heat exchanger.*

Key words: ***climate, hole, air pipe, heat recovery units***

УДК 432.8.001

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СТИСНУТО-ЗІГНУТИХ ЕЛЕМЕНТІВ КРУГОВОГО ПЕРЕРІЗУ ПРИ ДІЇ ПОПЕРЕЧНИХ СИЛ

О. О. Давиденко, інженер

Анотація. *У статті наведено результати експериментальних досліджень залізобетонних колон круглого перерізу на поперечний вигин з попереднім обтисненням і без попереднього обтиснення, виявлено збільшення несучої здатності колон з попереднім обтисненням на 43,7%.*

Ключові слова: ***випробування, бетон, конструкція***

Постановка проблеми. В останні роки залізобетонні елементи круглого перерізу широко стали застосовуватися для колон каркасних будівель, елементів рам, що експлуатуються в сейсмонебезпечних зонах, буронабивних паль підпірних стін, протизсувних споруд. Однак, дослідження міцності стиснуто-зігнутих залізобетонних елементів круглого перерізу при дії поперечних сил практично відсутні, а розрахунок похилих перерізів на поперечну силу, згідно з нормами, виконують як для згинальних елементів, без урахування впливу поздовжнього зусилля стиску.

© О. О. Давиденко, 2016

Аналіз останніх досліджень. Дослідження на колонах прямокутного перерізу [1, 2] показали, що додаток поздовжньої стискаючої сили з ексцентриситетом відносно геометричної осі колони, спрямованої в бік поперечного вигину або у зворотний бік, при збігу або розбіжності поздовжнього і поперечного вигину, кількості поперечного армування робить істотний вплив на міцність і тріщиностійкість похилих перерізів.

Метою наведених нижче **досліджень** була оцінка впливу позацентрово прикладеного поздовжнього зусилля стиску, що довантажує стиснуту зону при поперечному вигині, на несучу здатність елементів круглого перерізу при дії поперечних сил.

Результати досліджень. Дослідження проводили на колонах круглого перерізу, виготовлених з бетону класу С 25/30, діаметром 190 мм з поздовжнім армуванням у вигляді шести стрижнів арматури Ø10 А240С і поперечним спіральним армуванням з арматурного дроту Ø4ВрІ, встановленої з кроком 100 мм, Проліт зрізу при випробуванні колони дорівнював двом діаметрам колони за вирахуванням захисного шару бетону 30 мм. Довжина зразків колон становила 1000 мм. Було випробувано по три зразки кожної серії, з рівнем поперечного обтиснення не більше 0.25 Р руйн. при стисненні. Величина ексцентриситету становила 4 см. Величина зусилля обтиснення становила 150 кН. Поздовжній вигин від попереднього обтиснення колон здійснювали в той же бік, що і наступний поперечний вигин від поперечної сили, що прикладається.

Для проведення випробувань була виготовлена спеціальна установка, рис. 1. Для створення зусилля попереднього обтиснення колон використовували досить жорстку раму, що складається з двох траверс, двох напрямних, шарнірного пристрою для установки ексцентриситету прикладання навантаження, домкрату. Для створення поперечного зусилля у вертикальному напрямку використовували жорстку траверсу, дві напрямні, які закріплювали з одного боку в струмках силового полу, а з іншого боку напрямні кріпили гайками за траверсою. Залізобетонний елемент круглого перерізу встановлювали на спеціальні шарнірні опори, виготовлені з половин сталевих труб по діаметру колони, які спирали на 2 опорні гвинтові стійки, що мали регулювання по висоті. Другий гідравлічний домкрат встановлювали вертикально між траверсою і колоною. Навантаження як в горизонтальному, так і вертикальному напрямку здійснювали за допомогою спеціальної насосної станції. Дослідження деформацій бетону в зоні поперечного вигину виконували за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки 10^{-3} мм. Прогин вимірювали індикатором годинникового типу з ціною поділки 10^{-2} мм.

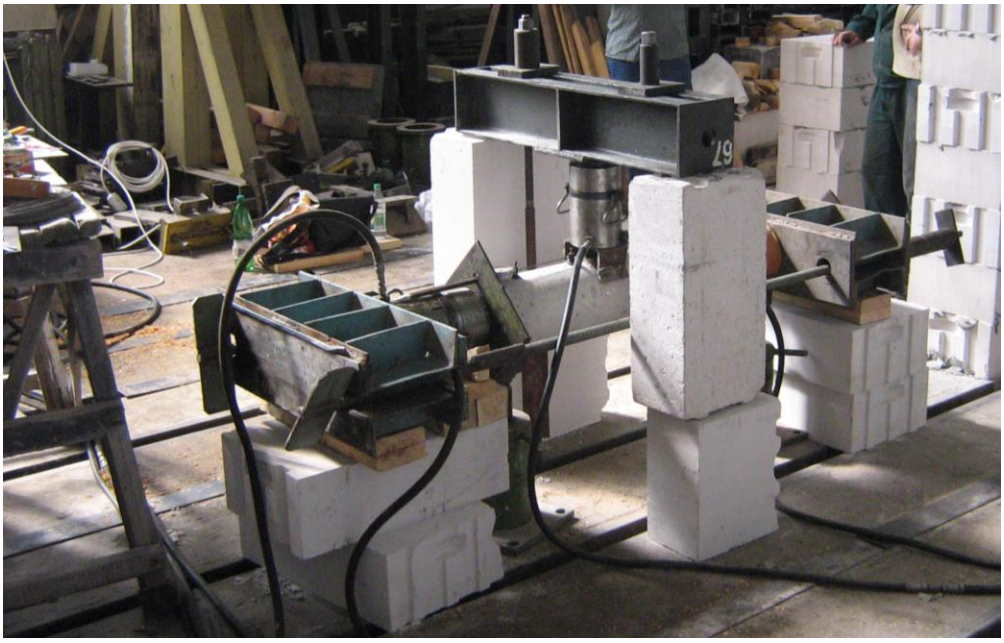


Рис. 1. Установка для проведення випробувань колон з попередніми обтисненням.

Результати випробувань показали, що при навантаженні від обтиску деформації не перевищували пружних значень. При подальшому, після попереднього обтиснення колони, поперечному вигині першими з'являлися нормальні тріщини в розтягнутій зоні в зоні прикладення зусилля при навантаженні, приблизно, 0,42 $P_{руйн}$, і деформації в стиснутій зоні $\varepsilon_в$= 152x10^{-5}, що, приблизно, в два рази перевищувало деформації в стиснутій зоні елементів без попереднього обтиснення у момент появи нормальних тріщин.

Далі з розкриттям нормальної тріщини в місці додатка поперечної сили відбувалося зменшення висоти стиснутої зони над цією тріщиною і утворення похилої тріщини. Перед моментом руйнуванням в стислій зоні утворювалася одночасно і поздовжня тріщина. Процес руйнування відбувалося по похилому перерізу, рис. 2. Процес деформування колон при поперечному вигині до моменту утворення похилої тріщини подібний до процесу деформування при «чистому» вигині. Як випливає з дослідів, похила тріщина з'являється після значного зменшення висоти стиснутої зони, перед моментом руйнування елемента. Попереднє обтиснення з одного боку довантажує стиснуту зону колони і, тим самим, збільшує деформації стиснення, а з іншого боку стримує розкриття похилої тріщини, перешкоджаючи повороту однієї частини перерізу відносно іншої, як це відбувається при звичайному поперечному вигині. В результаті руйнування колон з попередніми обтисненням відбувається по похилому перерізу з поздовжнім розколюванням бетону стиснутої зони.

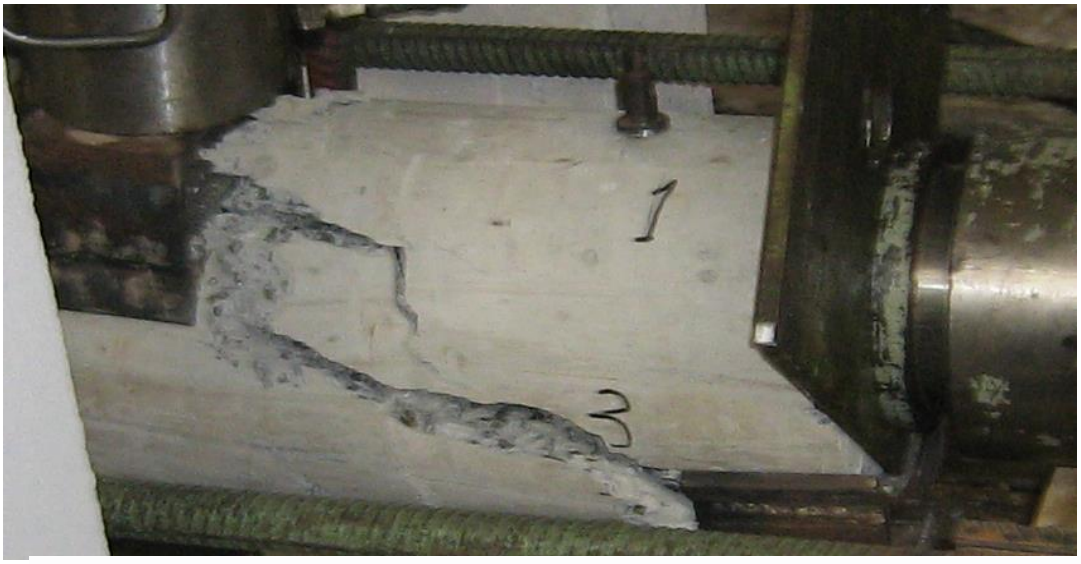


Рис. 2. Руйнування колони з попередніми обтисненням по похилому перерізу.

Зіставлення залежностей «момент-кривизна» для колон з поперечним обтисненням і без поперечного обтиснення, отриманих за результатами випробувань, наведено на рис. 3.

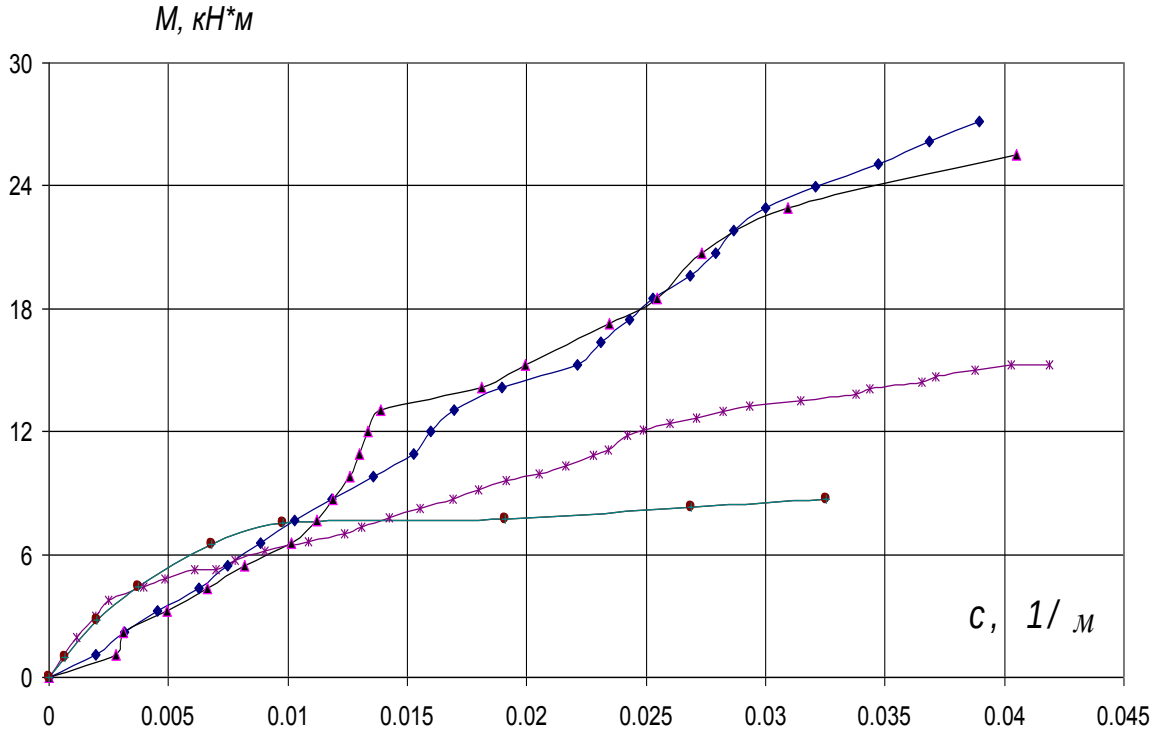


Рис. 3. Зіставлення залежностей «момент-кривизна» для колон при поперечному вигині і прольоті зрізу, $a=2h_0$: ◆, ▲ – колони с попереднім обтисненням; ✳ – колони без попереднього обтиснення с поперечною арматурою; ● – колонны без попереднього обтиснення і без поперечної арматури.

Як видно з рис. 3, попереднє обтиснення збільшує несучу здатність колон круглого перерізу у порівнянні з колонами, випробуваними при поперечному вигині без попереднього обтиснення при тім же прольоті зрізу ($a=2h_0$) та ідентичному поперечному і поздовжньому армуванні на 43,7%. Зіставлення колон круглого перерізу, випробуваних при поперечному вигині без попереднього обтиснення показало, що несуча здатність для колон без поперечного армування опинилася на 43,3% нижче, ніж для колон з поперечним армуванням.

Висновок. Випробування колон з попередніми обтисненням відповідає реальної розрахунковій схемі будівель, завантажених вертикальними і горизонтальними зусиллями. Отримані результати експериментальних досліджень дозволяють сформулювати розрахункові передумови нового методу розрахунку стиснуто-зігнутих елементів круглого перерізу при поперечному вигині.

Список літератури

1. *Шеина С. Г.* Методика испытания железобетонных элементовна внецентренное сжатие с поперечной силой // В кн.: Вопросы расчета железобетона / *С. Г. Шеина, В. Г. Сибиль, М. Д. Лиджиев, Э. Сосоржавын, Н. Н. Толокнова*. – Ростов н/Д, 1982. – С. 139–142.
2. *Шеина С. Г.* Сопротивление поперечной силе наклонных сечений внецентренно сжатых железобетонных элементов // В кн.: Вопросы прочности, деформативности и трещиностойкости железобетона / *С. Г. Шеина, В. Г. Сибиль, М. Д. Лиджиев, Э. Сосоржавын, Н. Н. Толокнова*. – Ростов н/Д, 1980. – С. 160–163.

Аннотация. *В статье приведены результаты экспериментальных исследований железобетонных колонн круглого сечения на поперечный изгиб с предварительным обжатием и без предварительного обжатия, выявлено увеличение несущей способности колонн с предварительным обжатием на 43,7%.*

Ключевые слова: ***испытания, бетон, конструкция***

Annotation. *In paper the results of experimental studies of reinforced concrete columns of circular cross section on the transverse bending with advanced compression and without compression, there was an increased carrying capacity of the column with the preliminary compression by 43.7%.*

Key words: ***test, concrete, construction***

УДК 631.23

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СОШНИКОВИХ СИСТЕМ СУЧАСНИХ СІВАЛОК ТА ЇХ ВІДПОВІДНІСТЬ ВИМОГАМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Л. В. Аніскевич, доктор технічних наук
Ю. О. Росамаха, аспірант*

Анотація. *Створено сошникову систему для двофазного способу сівби сільськогосподарських культур із автоматизованим регулюванням заданої глибини загортання насіння, що забезпечує рівномірний розподіл насіння в ґрунті і оптимальні умови для проростання насіння.*

Ключові слова: ***сівба, автоматизоване регулювання, двофазний спосіб сівби щілиноутворювач, вдавлюючий диск, заданий розподіл насіння, точне землеробство***

Постановка проблеми. Сівба є однією з найважливіших операцій при вирощуванні сільськогосподарських культур. Від якості, способу і термінів сівби залежить рівномірність та швидкість проростання, подальший розвиток, а в кінцевому результаті і урожай сільськогосподарських культур. Особливо важливе значення відіграє якість сівби при переході до технологій точного землеробства [1].

Машини для сівби повинні виконувати розподіл і заробку насіння відповідно до вимог оптимальної кількості світла, тепла, вологи і поживних речовин. Ці вимоги головним чином обумовлені рівнем родючості ґрунту, вологості, забезпечення поживними речовинами, а також способу сівби.

Аналіз останніх досліджень. Основною вимогою при сівбі є забезпечення необхідної площі живлення кожній окремо взятій рослині. Дану умову можна виконати при певному розміщенні насіння вздовж рядка, що крім того, сприяє більш якісному догляду за посівами в процесі дозрівання культури. Не менш важливою вимогою є забезпечення рівномірності залягання насіння в ґрунті по глибині, і якісному висіву добрив. Ці та інші агровимоги в основному і визначають конструкцію вітчизняних і зарубіжних посівних машин та їх робочих органів [2, 3]. Забезпечити якість сівби на високому рівні – це не проста задача, адже насіння, навіть одного сорту відрізняється формою і розмірами, що негативно впливає на якість його розподілу вздовж рядка та по глибині, а також відхилення від прямолінійного розташування.

***Науковий керівник – доктор технічних наук Л. В. Аніскевич**

© Л. В. Аніскевич, Ю. О. Росамаха, 2016

Мета досліджень. Створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин при висіві насіння шляхом розробки сошникової системи для двофазного способу сівби із автоматизованим регулюванням заданої глибини загортання насіння.

Результати досліджень. Питаннями покращення якості загортання насіння при сівбі займалися багато вітчизняних і зарубіжних дослідників та виробників сільськогосподарської техніки. Наприклад, компанія GaspArdo намагається забезпечити рівномірність глибини ходу сошника в ґрунті шляхом встановлення обмежувальних реборд в місці укладання насіння (рис. 1), що повинно гарантувати рівномірний обробіток поля навіть на ділянках з нерівною поверхнею. Різний діаметр обмежувачів визначає глибину висіву. Обмежувачі встановлюють із чавуну, для збільшення тиску, та із листової сталі, для зменшення тиску на ґрунт.

Рис. 1. Сошник сівалки Gigante виробника GaspArdo.

Vaderstad на сівалці Tempo застосовує так звану систему копіювання «Крокуючий» тандем (рис. 2). При наїзді одним опорним колесом на камінь, інше пропорційно опускається для зменшення підняття секції в два рази. Опорне колесо і висівний диск оснащені регульованими очищаючими дисками.

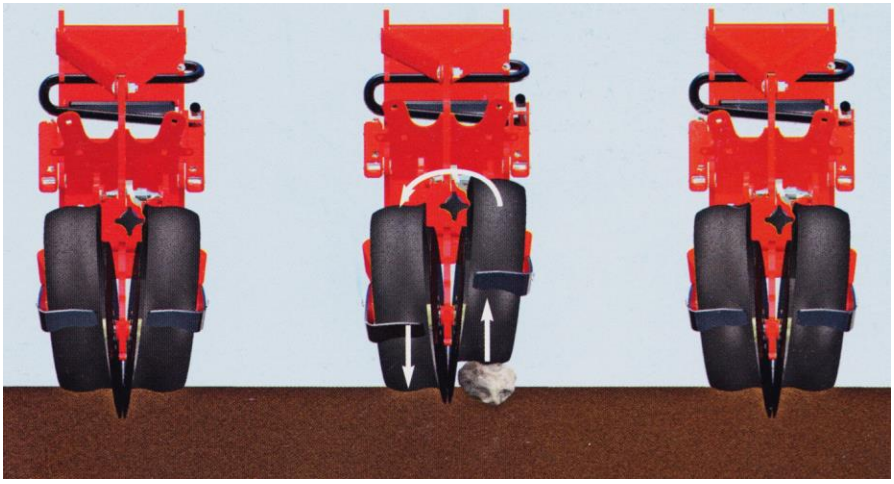
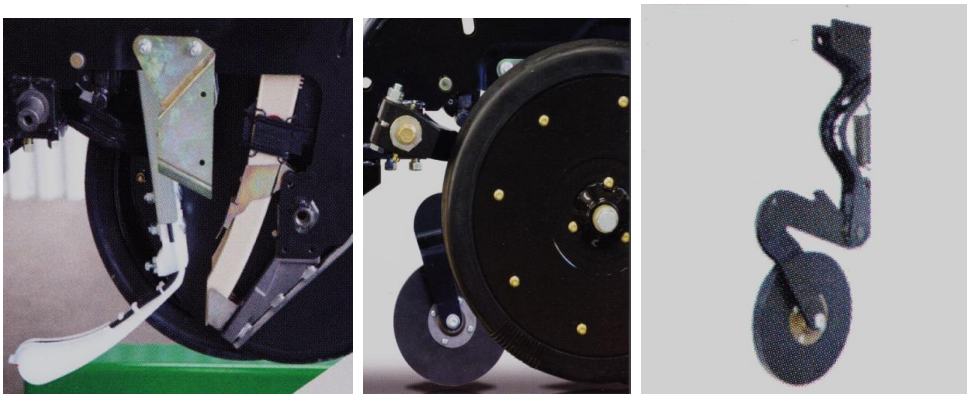


Рис. 2. Сошник сівалки Tempo виробника Vaderstad.

Такі кроки до вдосконалення дещо покращують якість утворення борозенки, проте не задовольняють сучасні вимоги в повній мірі. Механізм із обмежувальними ребордами вимагає значних затрат часу на зміну глибини загортання обмежувальними ребордами. «Крокуючий» тандем при наїзді на перешкоду утворює насіннєве ложе в два рази мілкіше висоти перешкоди, що призводить до нерівномірності сходів при падінні в борозну насіння зависає на різній висоті і недостатньо контактує з ґрунтом. Проростання відбувається хаотично. Паростки що відстали не можуть наздогнати лідерів і при цьому страждає урожай.

Для притискання насіння до дна борозни відомий виробник Great Plains свої сівалки обладнує полозком Keeton, на якому додатково закріплюється трубка для внесення рідких добрив (рис. 3, а), або притискним колесом (рис. 3, б).



а б

Рис. 3. Робочі органи для притискання насіння до дна борозни від виробника Great Plains.

Подібні полозки Keeton Seed Firmer (рис. 4) використовує і Precision Planting. Тонка полімерна направляюча простягається до дна борозни і притискає насіння, яке вилітає із насіннєвої трубки, до дна V-подібної борозни. Таким чином Keeton Seed Firmer фіксує насіння на потрібній глибині і створює надійний контакт насінини з ґрунтом. Недоліком таких систем є те, що вони притискають насіння тільки до дна борозни. Дно борозни, у більшості випадків застосування таких сошників, відрізняється від еквідистантної лінії до поверхні поля. Важливим і відповідальним завданням під час сівби є загортання і ущільнення насіннєвого ложе. Для цього існує великий різновид робочих органів (рис. 5 – рис. 8).

Недоліком цих котків є те, що не забезпечується регулювання притискного зусилля як реакції на зміну твердості ґрунту по довжині рядка. В результаті цього відбувається нерівномірне ущільнення ґрунту навколо насіння в межах одного поля і нерівномірність

глибини загортання, що можна прослідкувати за етильованою частиною рослин (рис. 9).

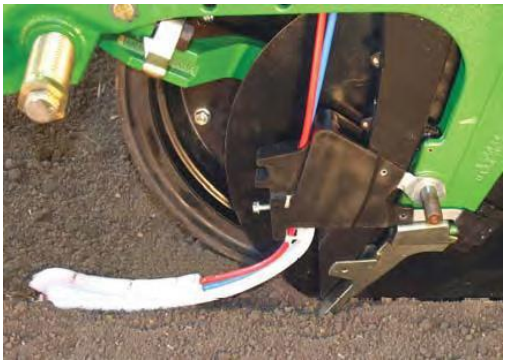


Рис. 4. Полозок Keeton Seed Firmer від Precision Planting.

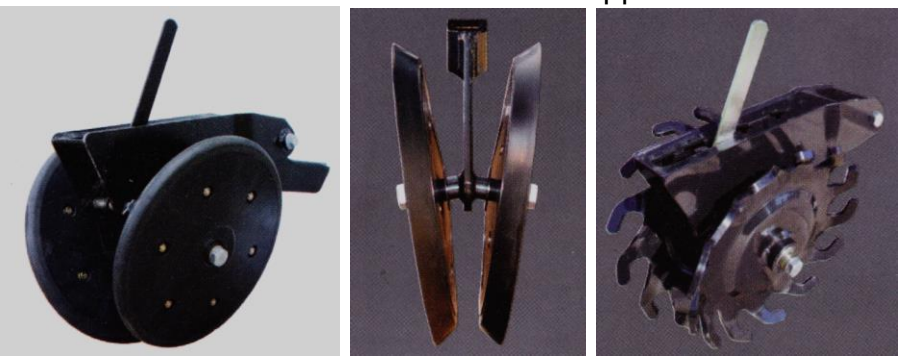


Рис. 5. Сошникові елементи сівалок Great Plains.

Рис. 6. Загортаючі робочі органи сівалок ВАТ «Тодак».

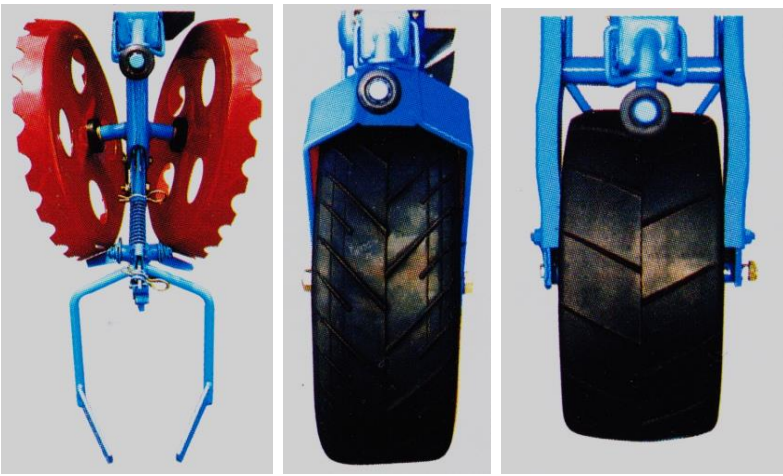


Рис. 7. Елементи сошникових систем сівалок «Моносем».

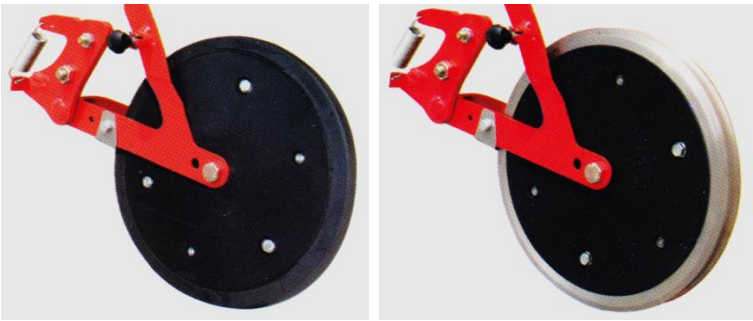


Рис. 8. Елементи сошникових систем сівалки Prosem.

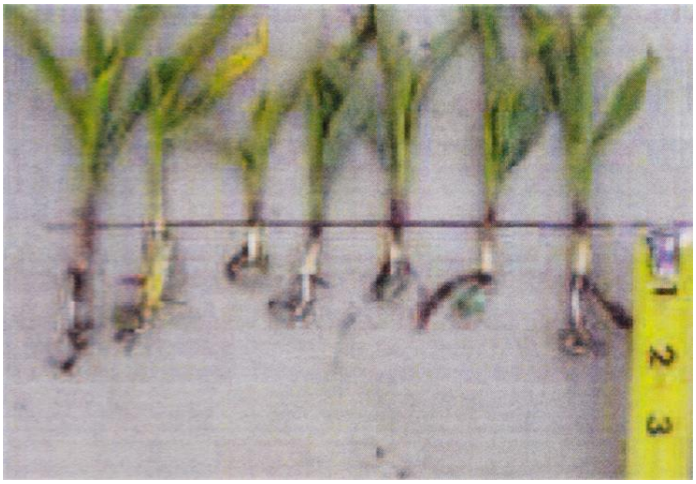


Рис. 9. Результат нерівномірної глибини загортання насіння.

Недостатнє притискне зусилля призводить до того, що коренева система рослини буде погано розвинена. Ущільнення кореневої системи в свою чергу виникають коли є надмірне притискне зусилля, які створюють механізми сівалки під час сівби. Ущільнення спричиняє ряд негативних факторів: зменшення кількості паростків, що зійшли; збільшення стресу рослин та зниження розвитку листкової частини і рослини в цілому; неправильне проростання призводить до несвоєчасного запилення рослин в посушливі роки зі спекотним літом.

Для забезпечення достатнього заглиблення сошників в ґрунт використовують різного роду довантаження секцій. У найпростішому варіанті встановлюють пружини, що притискають секцію до поверхні ґрунту. Для збільшення діапазону притискного зусилля пружини замінюють пневмо-, або гідроциліндрами.

Система Row-Pro (рис. 10) містить пневматичний циліндр з’єднаний з паралельними важелями підвіски секції який керується контролером. Датчик встановлений на опорному колесі сошника, визначає величину навантаження, після чого, відповідно, регулює тиск в циліндрі, для того, щоб вирівняти навантаження на сошник кожної окремої секції. Система Air Force (рис. 11) компанії Precision Planting призначена для автоматичного вимірювання і контролю

притискного зусилля. Air Force дозволяє тримати сівалку на оптимальній висоті і контролює мінімально необхідний тиск на ґрунт, що забезпечує однакову глибину висіву на полі з різною щільністю.

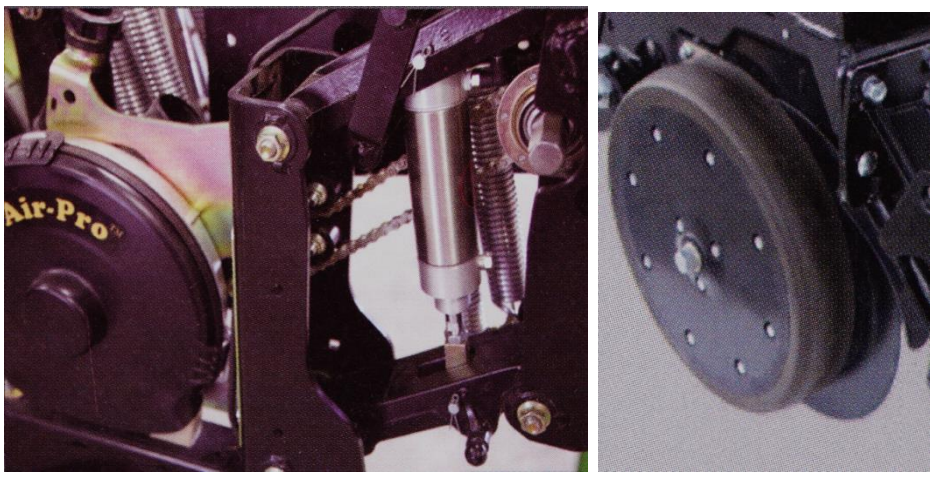


Рис. 10. Система Row-Pro.

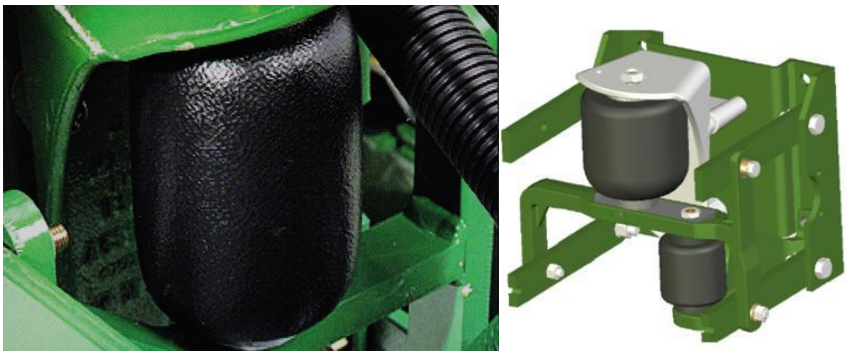


Рис. 11. Система Air Force.

Принцип роботи Air Force полягає в тому, що датчики вимірюють вагу секції відносно опорного колеса, а контролер вираховує надлишок, або недостачу ваги, яка буде скомпенсована за допомогою гумових пневмоциліндрів, які встановлюються на кожну секцію. Недоліком цих систем є те, що в процесі їх роботи контролюється глибина ходу сошника а не кінцева глибина загортання насіння.

Для реалізації поставленого завдання створена сошникова система для сівби сільськогосподарських культур (рис. 12), що складається з диска щілиноутворювача *1*, на якому закріплені обмежувальні реборди 2, який шарнірно, за допомогою штанги *3* і пружини *4* прикріплений до рами *5*. Пружина виконана з можливістю регулювання притискного зусилля за допомогою гвинтової пари *6* та рукоятки *7*. Послідовно, в повздовжній осі, за ходом руху агрегату (показано стрілкою) після щілиноутворювача встановлений напрямник насіння *11*, з можливістю регулювання по висоті, який є

продовженням насіннєпровода або висівного апарата (на фіг. не показано). Після напрямника насіння *11*, за допомогою повідка *9* та стійки *16* закріплений вдавлюючий диск *17*, глибина ходу якого регулюється механізмом, що містить копіювальний полозок *10* підпертий пружиною *12*, положення якого фіксується за допомогою індуктивного датчика *18*, блок керування *8*, компресор *13*, розподільник *14*, пневмоциліндр *15*.

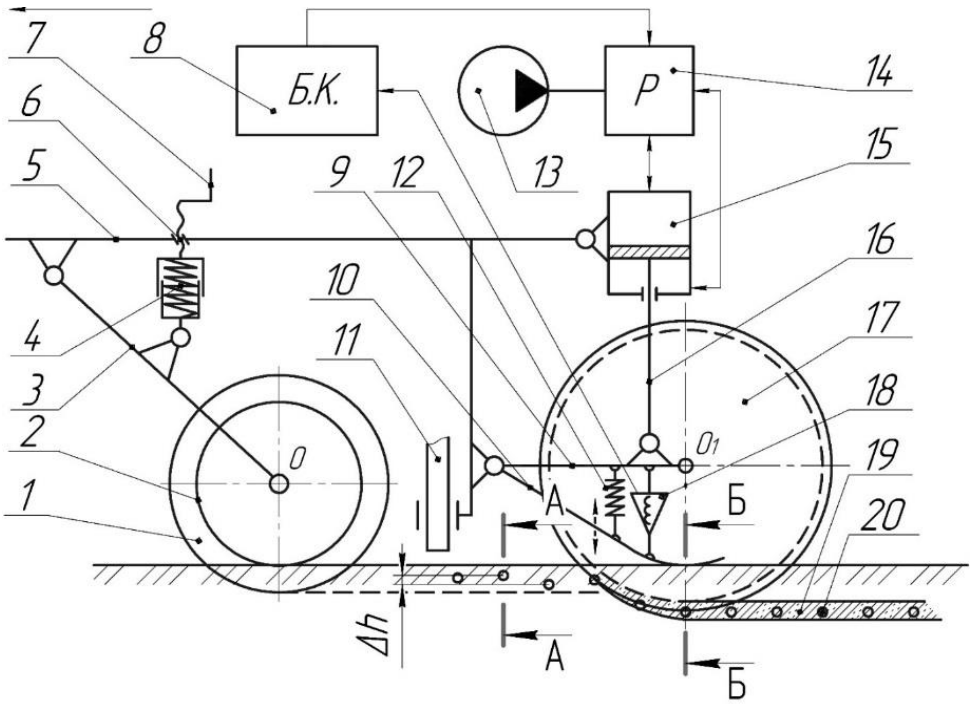


Рис. 12. Схема сошникової системи для сівби сільськогосподарських культур з механізмом регулювання і стабілізації ходу вдавлюючого диска по глибині.

Щілиноутворювач *1* виготовлений у формі клиноподібного дискового ножа, який повинен забезпечити таку форму щілини на поверхні поля, щоб насіння *20* вільно попадало до неї і заклинювалось ближче до нижньої частини [4]. Насіннєнапрямник *11* має у верхній частині конус, який плавно переходить в циліндр і призначений для приєднання насіннєпроводу, або висівного апарату. Величина перерізу насіннєнапрямника *11* забезпечує вільне проходження насіння *20* без заклинювання та сповільнення. Зовнішній діаметр насіннєнапрямника *11* менший ширини щілиноутворювача *1* в положенні встановлення обмежувальної реборди *2* при можливо мінімальній глибині щілини. Нижня частина насіннєнапрямника *11* має косий зріз знизу до верху в напрямку руху агрегату для унеможливлення забивання його ґрунтом, а нижня кромка встановлюється нижче ходу нижньої кромки обмежувальної реборди *2* для уникнення потрапляння насіння мимо щілини.

Вдавлюючий диск *17* має конусність 3-5°, що забезпечує мінімальні сили тертя ковзання його боковин по ґрунту. Обід диска виконаний у формі циліндричного жолобу, ширина якого забезпечує зрізання ґрунту зі стінок щілини та вдавлювання насіння на задану глибину. Блок керування *8* має електронне регулювання заданої глибини загортання насіння *20*.

Описана сошникова система для сівби сільськогосподарських культур працює наступним чином. Під час руху сівалки в напрямку показаному стрілкою (рис. 12), щілиноутворювач розрізає і зсуває ґрунт утворюючи щілину, в яку через насіннєнапрямник надходить насіння. В щілині відбувається самозаклинювання насіння між боковими стінками щілини (рис. 13, переріз А-А) без розкочування. При цьому насіння в залежності від розмірів заклинюється в щілині на різній глибині Δh (рис. 12). Вдавлюючий диск, рухаючись по щілині, зрізує вологий шар ґрунту зі стінок, засипає насіння і вдавлює його на задану глибину *hз* (рис. 13, переріз Б-Б), при цьому утворює безперервну смугу ущільненого ґрунту *19*, насіння в якій надійно зафіксоване у трьох площинах і захищене від переміщення робочими органами (на рис. не показано), які виконують загортання борозенки, що залишається після проходу вдавлюючого диска.

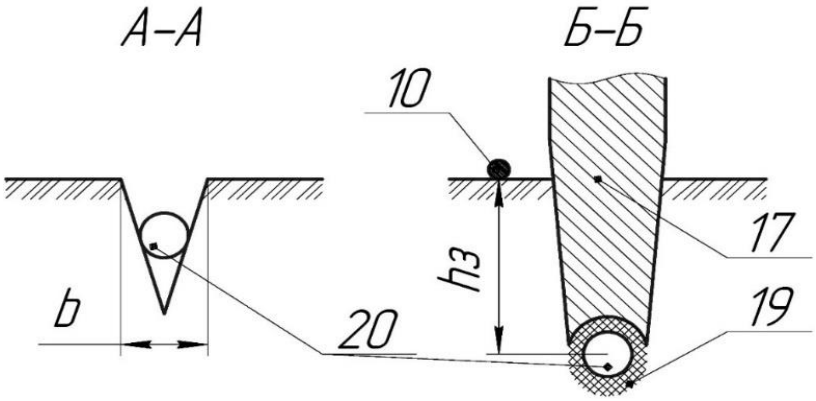


Рис. 13. Перерізи: А-А, Б-Б.

Регулювання і контроль заданої глибини загортання виконується через мало інерційний полозок, який рухається по смузі, що утворилася після проходу обмежувальної реборди щілиноутворювача, а найнижча точка копіювального полозка знаходиться у вертикальній площині над найнижчою точкою вдавлюючого диска, копіює нерівності поля і передає коливання на датчик індуктивного типу, що з’єднаний із блоком керування, на виході якого утворюється сигнал керування розподільником, який формується у відповідності до встановленої рукояткою глибини загортання і від положення полозка. Розподільник перемикаючись подає стиснуте повітря від компресора в ту чи іншу порожнину

пневмоциліндра, який переміщує вдавлюючий диск таким чином, що глибина *hз*, завжди однакова [5].

Для підтвердження працездатності і дослідження робочого процесу функціонування сошникової системи була складена розрахункова схема і проведено комп'ютерне моделювання за допомогою програмного забезпечення Mathematica 9.01.

Висновок. Запропонована сошникова система для сівби сільськогосподарських культур дозволяє здійснювати вдавлювання насіння на задану глибину через шар ґрунту, що зменшує травмування насіння і забезпечує заробку в ґрунт будь-якого насіння, тобто створює передумови для проектування сівалок для сівби як зернових так і просапних культур. Не порушується рівномірність розподілу насіння вздовж рядка, яку забезпечує висівний апарат та до мінімуму зводиться розкидання насіння в сторони відносно осьової лінії рядка. Сошникова система забезпечує задану глибину розміщення насіння на еквідистантну лінію від поверхні поля нівелюючи просторову зміну твердості і нерівностей поверхні поля із щільним контактом насінини з шаром ґрунту по всій її поверхні.

Список літератури

1. *Аніскевич Л. В.* Модель функціонування посівної машини в системі точного землеробства / *Л. В. Аніскевич* // Механизация производственных процессов рыбного хозяйства, промышленных и аграрных предприятий. – Керч: КМТИ, 2001. – Вип. 1. – С. 112–118.
2. *Росамаха Ю. О.* Організація механізованих операцій сівби в технологіях точног землеробства / *Ю. О. Росамаха* // Тези доповідей Міжнародної наукової конференції «Актуальні проблеми наук про життя та природокористування». – К.: НУБіП, 2013. – С. 152–153.
3. *Аніскевич Л. В.* Сенсор-технолоhiia в точному землеробстві / *Л. В. Аніскевич* // Науковиі вісник Національного аграрного університету. – К., 1998. – Вип. 9. – С. 70–72.
4. *Патент* на корисну модел Украіни № 93137. Шчілиноутворіувач дліа сівби сільськогосподарських культур / *Л. В. Аніскевич, Ю. О. Росамаха* ; 25.09.2014, Опубл. бюл. № 18.
5. *Аніскевич Л. В.* Шляхи покращення сівби просапних культур у технологіях точного землеробства / *Л. В. Аніскевич, Ю. О. Росамаха* // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. – 2014. – Вип. 2 (45), т. 4, ч.1. – С. 157– 162.

Аннотация. *Представлена сошниковая система для двухфазного способа высева сельскохозяйственных культур с автоматизированным регулированием заданной глубины заделки семян, что обеспечивает высокую точность распределения семян в почве, и создает максимально приближённые к оптимальным условия для произрастания семян.*

Ключевые слова: ***сев, автоматическое регулирование, двухфазный способ сева, щелеобразователь, вдавливающий диск, заданное распределение семян, точное земледелие***

Annotation. *Created the coulter system for the two-phase method of planting crops with automatic regulation given seed depth that provides a predetermined sowing distribution of seeds in the soil, and creates the most approximate to optimum conditions for growing seeds.*

Key words: ***sowing, automatic control, two-phase method of sowing, making the slit, pressed disk, a predetermined the distribution of seeds, precision farming***

УДК 621.4.007

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ МЕХАНІЗМУ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МАШИН ДЛЯ ЛІСОТЕХНІЧНИХ РОБІТ ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ

М. Ф. Ковальов, кандидат технічних наук
Національний транспортний університет

Анотація. *В статті представлені результати обгрунтування аналітичної моделі механізму відновлення працездатності машин для лісотехнічних робіт та її використання.*

Ключові слова: ***модель, відновлення, працездатність***

Постановка проблеми. Стан елементів механізмів машин для лісотехнічних робіт (далі – машин) змінюється в процесі його експлуатації в тісному взаємозв'язку один з одним. Незважаючи на те, що цей процес схильний до впливу ряду випадкових факторів, взаємозв'язок між зміною стану окремих елементів або ланок може бути описана причинно-наслідковими зв'язками, що утворюють причинно-наслідковий модель механізму і піддається кількісній оцінці.

Аналіз останніх досліджень. Для того, щоб надалі не відбувалося термінологічної плутанини, коротко зупинимося на деяких термінах, використовуваних нами при проведенні діагностичного аналізу механізму [1, 2].

Під станом механізму ми розуміємо якісну оцінку здатності об'єкта виконувати задані при конструюванні функції. Властивість

© М. Ф. Ковальов, 2016

об'єкта, що визначає його здатність виконувати задані функції, отримало назву параметра стану. Якщо в якості загальної оцінки стану механізму прийняти його основний вихідний сигнал, то на його величину прямо або побічно будуть впливати так активні параметри стану [3]. Однак у кожному механізмі є група параметрів стану [4]. Що не роблять впливу на величину основного вихідного сигналу, і в той же час визначають працездатність окремих вузлів механізму. Такі параметри отримали найменування пасивних [5]. Як активні. Так і пасивні параметри стану, можуть бути регульованими, ніж в значній мірі визначається характер їх впливу на стан механізму. Для цього використовуються діагностичні сигнали, що виникають в процесі роботи механізму і сприймаються спеціальної вимірювальною апаратурою [6, 7].

Приступаючи до діагностичного аналізу об'єкта, необхідно насамперед визначити його основний вихідний сигнал [8, 9]. Для тракторного двигуна, наприклад, таким сигналом є ефективна потужність, для будь-якого насоса основним вихідним сигналом є його продуктивність (за певних умов) і т.д. [10].

Наступним кроком є визначення причин. Безпосередньо впливають на величину основного вихідного сигналу. Вимога безпосередності впливу є обов'язковим. Якщо ми хочемо отримати правильне уявлення про суму причин, що впливають на величину основного вихідного сигналу механізму. Правильному визначенню причин часто сприяє наявна аналітична залежність основного вихідного сигналу від величини параметрів-причин. Якщо такої залежності немає, то параметри-причини встановлюються емпіричним шляхом [10].

Результати досліджень. У свою чергу, встановлені параметри-причини, самі є наслідком дії ряду інших причин. При визначенні яких також обов'язковий принцип безпосередності. Продовжуючи подібну деталізацію причин і наслідків, можна досягти будь-якого рівня причин, аж до молекулярного. Якщо причини і наслідки встановлені правильно, тобто враховані всі зв'язки причин і наслідків, то в результаті ми отримуємо причинно-наслідковий модель механізму.

Для практичних цілей діагностики виявляється цілком достатнім на нижньому рівні причин обмежитися зовнішніми умовами, в яких працює те чи інше ланка механізму. Цей рівень причин нами умовно узагальнюється поняттям «час роботи», хоча конкретно на цьому рівні можуть знаходитися такі причини, як величина прикладеного навантаження, пройдений шлях, температура, вологість, тиск, запиленість повітря і т.п. Однак, оскільки ці причини є зовнішніми стосовно розглянутого механізму,

вони об'єднуються зазначеним поняттям «час». Далі буде показана ефективність цього прийому для отримання результатів причинно-наслідкового аналізу.

Розглядаючи питання причинно-наслідкового аналізу механізмів, не можна не згадати про те, що перші практичні спроби такого підходу до опису процесу зміни стану механізмів зроблені ще Я. Я. Осіс і З.П. Марковичем щодо гальмівної системи автомобіля з гідравлічним приводом. Аналогічну методику застосували А. Р. Авотінь, П. М. Кевіш, Д. С. Христинка і Ю. Н. Смирнов при побудові функціональної моделі карбюраторного двигуна внутрішнього згоряння. Як вказували самі автори, отримані граф-моделі систем служили більше ілюстрацією, ніж інструментом дослідження кількісних показників зв'язків причин і наслідків.

Почавши наші дослідження приблизно з такого ж рівня, ми потім виявили, що причинно-наслідковий модель піддається вельми ефективному аналізу з застосуванням ряду кількісних характеристик. У цих цілях ми використовували насамперед аналогію даної системи зі структурою вимірювальних приладів при проведенні аналізу причин, що впливають на точність їхніх показань.

Зв'язок між параметром-причиною і параметром-наслідком може бути описана як аналітичної. Так і емпіричної залежністю. При цьому, якщо параметр є наслідком декількох параметрів-причин, то залежність з кожним з них описується в припущенні сталості, інших параметрів-причин.

Зазначені залежності визначаються тільки між параметрами сусідніх рівнів (принцип безпосередності). У загальному вигляді ці залежності можуть бути представлені як $П_{ci}^{N}$ ($П_{nj}^{N+1}$), де N – номер рівня, i, j – номери параметрів на відповідному рівні. Індексами « n » і « c » позначені причина і наслідок.

Скориставшись термінологією структурного аналізу механізмів, введемо поняття передавального коефіцієнта S, що представляє собою границя відношення приросту параметра-слідства до приросту параметра-причини, коли останнє прагне до нуля:

$$S_{jl} = \lim_{\Delta П_{Пj}^{N+1} \to 0} \left(\frac{\Delta П_{ci}^{N}}{\Delta П_{Пj}^{N+1}} \right). \qquad (1)$$

Ця формула дає можливість помітити, що передавальний коефіцієнт S може бути як безрозмірним у випадку, якщо порівнюються величини з однаковими розмірностями, так і розмірним, якщо розмірності $П_П$ і $П_C$ різні. Надалі буде показано, що на кінцевому результаті розрахунку ця особливість не відбивається.

Якщо залежність $П_C$ ($П_П$) нелінійна, то очевидно, що величина S не матиме постійного значення на всьому діапазоні зміни $П_П$. Для спрощення практичного розрахунку таку залежність можна апроксимувати прямою із застосуванням, наприклад, методу найменших квадратів. При цьому, природно, з'являється деяка похибка, величина якої застосована на всьому діапазоні зміни $П_П$. З огляду на те, що величини $П_П$ і $П_C$, Як правило, змінюються лише на невеликій ділянці можливого діапазону змін, апроксимацію прямий можна здійснювати лише для цієї ділянки, що значно знижує помилку апроксимації.

Залежність $П_C$ ($П_П$) Може бути як прямий, так і зворотній. В останньому випадку коефіцієнт S матиме знак мінус, який свідчить про те, що зі збільшенням параметра - причини відбувається зменшення параметра-слідства.

Передавальний коефіцієнт S служить допоміжним засобом для визначення ряду інших кількісних зв'язків між параметрами. Характерно, що для всіх зв'язків, крім зв'язку з причиною «час», імовірнісна складова у величині передавального коефіцієнта досить незначна (за винятком помилок вимірювальних приладів, присутніх в емпіричних зв'язках).

Між зміною параметра нижнього рівня і зміною «часу» також існує певна залежність, яка може бути охарактеризована передавальним коефіцієнтом. Цей передавальний коефіцієнт відображає динаміку зміни параметра в часі. Він являє собою відношення приросту зміни параметра до приросту часу. На відміну від звичайного передавального коефіцієнта це відношення названо нами коефіцієнтом динамічності D параметра.

Очевидно, що кожен з параметрів, що входять в причинно-наслідковий модель механізму, повинен мати свій коефіцієнт динамічності, так як в зміна даного параметра вносить свою частку і параметр-причина, що має безпосередній зв'язок з параметром «час», що служить для визначення коефіцієнта динамічності D_i деякого параметра $П_{Ci}$, Пов'язаного залежністю з параметром $П_{Пj}$.

Випливає, що $\frac{dП_{ci}}{dП_{nj}} = tg\theta$, а $\frac{dП_{nj}}{dt} = tg\alpha$, внаслідок чого $dП_{ci} = tg\theta tg\alpha$ звідки:

$$\frac{dП_{ci}}{dt} = D_t = tg\theta tg\alpha = S_{ji} D_j \qquad (2)$$

Висновок. Таким чином, для визначення коефіцієнта динамічності i-го параметра N-го рівня необхідно знати передавальний коефіцієнт між j-м параметром ($N+1$)-го рівня і i-м

параметром N-го рівня, а також коефіцієнт динамічності j-го параметра ($N+1$)-го рівня.

Список літератури

1. *Молодик М. В.* Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин у сільському господарстві / *М. В. Молодик*. – Кіровоград : Вид-во КОД, 2009. – 180 с.
2. *Канарчук В. Є.* Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. – У 3-ох кн. Кн. 1. Теоретичні основи. Технологія : підручник / *В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигринець.* – К.: Вид-во "Вища школа", 1994. – 342 с.
3. *Ащеулов А. В.* Анализ интенсивности отказов гидравлического оборудования / *А. В. Ащеулов* // Гидравлика пневматика и приводы. – 2010. – № 1 (3). – С. 8–9.
4. *ДСТУ* 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення. [Електронний ресурс]. – Доступний з http://www.budinfo.org.ua/doc/1812459/DSTU-2860-94-Nadiinist-tekhniki-Termini-taviznachennia/
5. *Даршт Я. А.* Методы и модели автоматизированного анализа и синтеза элементов гидропривода : дис. доктора технических наук : 05.13.12 / *Даршт Яков Адольфович*. – Владимир, 2005. - 426 с.
6. *Динаміка* об'ємних гідропневмосистем загальнопромислового призначення / *З. Я. Лур'є, О. І. Гасюк*. – Х.: НТУ “ХПІ”, 2008. – 112 с.
7. *Андренко П. М.* Розвиток наукових основ проектування апаратів з гідравлічною осциляцією для систем гідроприводів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.02.08 “Машинознавство” / *П. М. Андренко.* – К., 2009. – 35 с.
8. *Ремарчук М. П.* Енергозберігаючі силові передачі будівельно-дорожніх машин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.05.04 “Машини для земляних, дорожніх і лісотехнічних робіт” / *М.П. Ремарчук*. – Х., 2008. – 36 с.
9. *Рыбак А. Т.* Моделирование и оптимизация гидромеханических систем мобильных машин и технологического оборудования : автореф. дис. на соискание степени доктора техн. наук : спец. 05.02.02 «Машиноведение, системы приводов и детали машин» / *А. Т. Рыбак*. – Краснодар, 2008. – 46 с.
10. *Ковальов М. Ф.* Модель оцінки технічної готовності на основі залишкового ресурсу одиниць машин для лісотехнічних робіт / *М. Ф. Ковальов* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2015. – Вип. 212, ч. 1. – С. 297–300.

Аннотация. *В статье представлены результаты обоснования аналитической модели механизма восстановления работоспособности машин для лесотехнических работ и ее использования.*

Ключевые слова: ***модель, восстановление, работоспособность***

Annotation. *The paper presents the results of the analytical justification models mechanism for disaster recovery vehicles forestry works and its use.*

Key words: ***model, recovery efficiency***

УДК 621.926.4

ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ ЯК ОБ'ЄКТУ КОРМОПРИГОТУВАННЯ

А. П. Пилипенко, кандидат технічних наук
М. Г. Чаусов, доктор технічних наук

Анотація. *В статті подано опис випробувального обладнання, що використовується на кафедрі механіки НУБіП України, для визначення механічних властивостей зернових матеріалів, що впливають на енергетичні витрати в процесі кормоприготування.*

Ключові слова: ***зерно, механічні випробування, енергетичні витрати, кормоприготування***

Постановка проблеми. Зерновий матеріал є цінним і незамінним джерелом енергії для існування домашніх тварин та виробництва продукції тваринництва. Кожна група тварин схильна до найкращого його засвоєння в певних структурних станах та за наявності певних гранулометричної та грануломорфологічної характеристик обробленого матеріалу.

Для забезпечення такої різноманітності на даний час в кормовиробництві використовується обладнання різної конструкції із широким класом робочих органів [1]. Проте, зміна кліматичних умов примушує застосовувати, з кожним роком, все більше нових, більш стійких, сортів зернових культур, що примушує вводити певні корегування у роботу цього обладнання, одночасно з цим постає питання зменшення енергетичних витрат в процесі кормоприготування.

У процесі подрібнення зернового матеріалу величина навантаження на робочі органи машин на пряму залежить від механічних характеристик зернового матеріалу, які в свою чергу схильні до зміни в залежності від багатьох чинників [2]. Тому без знання достовірної інформації про реальні механічні характеристики зернової сировини не можливе створення сучасного надійного та енергоефективного обладнання.

Аналіз останніх досліджень. Подрібнення зерна в сучасному технологічному обладнанні відбувається за рахунок декількох видів деформації: стискання (розплющування), зсуву (розтирання), та за рахунок динамічного навантаження (удару). Вид же деформування зерна вибирається із міркування забезпечення мінімального вмісту

© А. П. Пилипенко, М. Г. Чаусов, 2016

пилоподібної фракції (дотримання гранулометричного складу кормів), тобто якомога більшого збереження енергетичної цінності кормів та зменшення енергозатрат.

Результати досліджень. При визначенні показників міцності і деформативності зерна в умовах стискання використовується випробувальна машина FM-1000 з пристосуваннями що моделюють вальцеві робочі органи (рис. 1). Для фіксації експериментальних даних використовується компютеризовані вимірювальні системи Specimen з частотою фіксації даних до 18 Гц, FastReg, з частотою фіксації до 2400 Гц, та Test з частотою 20000 Гц. Для вимірювання навантаження використовується тензодинамометр ДСТ-50 з дискретністю вимірювання навантаження 1 Н, для вимірювання деформацій використовується тензодатчик ІМДТ-20 із дискретністю вимірювання переміщення 1 мкм, похибка вимірювань яких не перевищує ±0,5%. У якості опор використовуються металеві циліндри з діаметрами, що відповідають діаметрам вальців робочих машин.

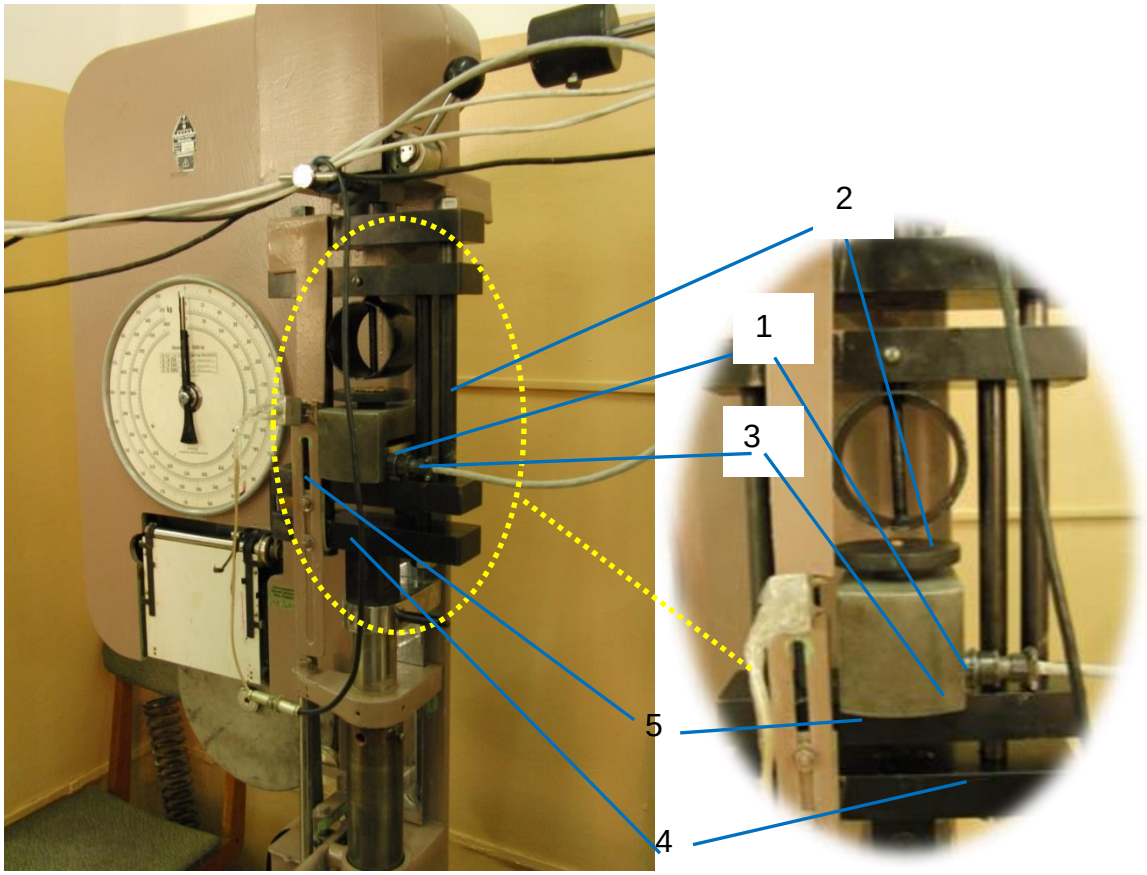


Рис. 1. Випробувальна машина FM-1000 із встановленим пристосуванням для визначення механічних характеристик зерна при взаємодії з вальцевими робочими органами в зборі: 1 – дослідний зразок; 2 – рухома циліндрична опора; 3 – нерухома опора; 4 – тензодинамометр; 5 – тензометр.

Випробувальна машина FM-1000 забезпечує навантаження до 1000 кГс, зі змінною швидкістю навантаження за жорсткою системою від 2 до 90 мм/хв. оснащена силовимірювальним пристроєм і пристроєм для вимірювання переміщення рухомої траверси.

Тензодинамометр ДСТ-50 забезпечує фіксацію навантаження в межах від 0 до 50 кН, тензометр ІМДТ-20 забезпечує фіксацію деформації від 0 до 20 мм. За необхідності наявна можливість встановлення рухомих вальців, що в повній мірі відповідає реальному робочому органу зернопереробної машини.

Зважаючи на природній розкид механічних характеристик зерна одної і тої ж культури виникає необхідність визначення властивостей групи зерен (проби). Для цього використовується пристосування із площинними поверхнями (рис. 2). Розмір проби підбирається або за необхідною кількістю зерна, або за необхідною площею робочої поверхні.

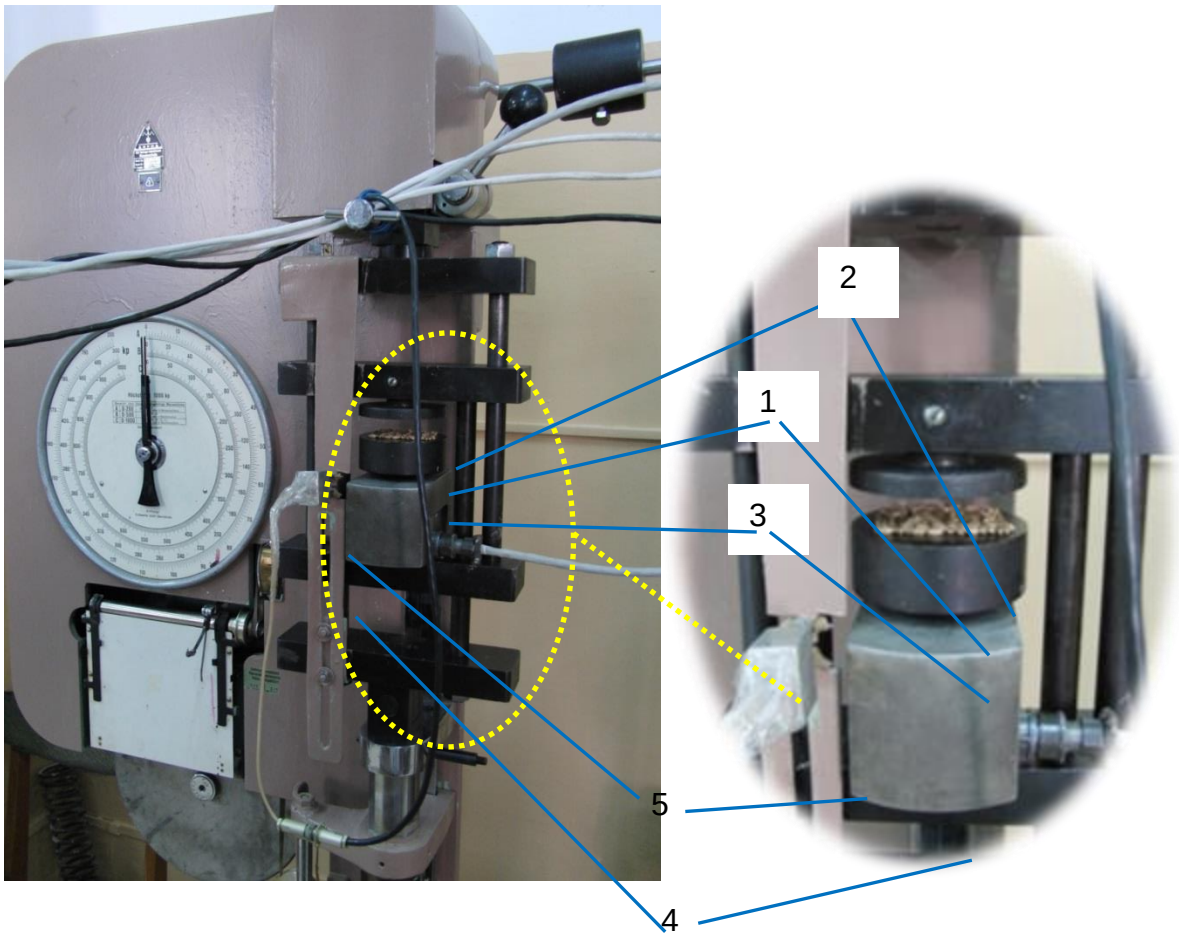


Рис. 2. Випробувальна машина FM-1000 із встановленим пристосуванням для визначення механічних характеристик проби зерен при взаємодії з площинними робочими органами в зборі: 1 – дослідна проба; 2 – рухома опора; 3 – нерухома опора; 4 – тензодинамометр; 5 – тензометр.

Після визначення руйнівного навантаження та деформації в момент руйнування і, відповідно, енергетичних показників гранулометричний і грануломорфолигічний склади визначаються за відомою методикою із використанням набору сит.

Для визначення механічних характеристик зерна в процесі динамічного навантаження використовується маятниковий копер МК-0,5 (рис. 3) із змінними молотами та максимальним запасом енергії 50 кГс·см.

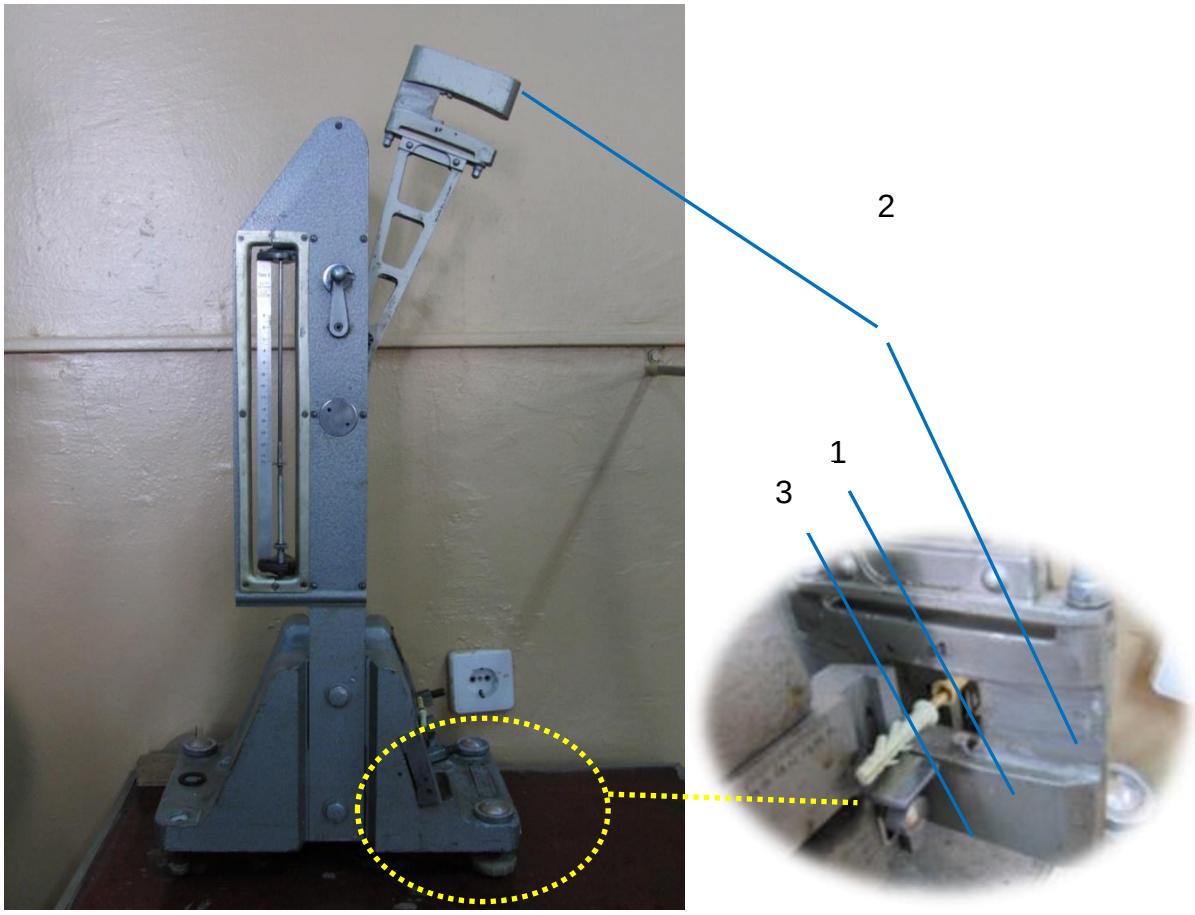


Рис. 3. Маятниковий копер МК-0,5 із пристосуванням для визначення динамічної роботи руйнування зерна в зборі: 1 – дослідний зразок; 2 – молот: 3 – тримачі.

Для здійснення динамічного навантаження зернини маятниковий копер оснащений спеціальними тримачами, які дозволяють утримувати зернину в момент нанесення удару молотом. Шкали маятникового копра дозволяє безпосередньо фіксувати витрачену роботу на руйнування зернини з дискретністю 0,2 та 0,4 кГс·см. Гранулометричний і грануломорфолигичний склад випробуваного зерна визначається за аналогічною методикою.

Висновок. Таким чином визначення механічних характеристик зернових матеріалів в процесі їх деформування різними способами є

запорукою створення надійної кормоприготувальної техніки, що забезпечить відповідну якість оброблення сировини і дасть необхідну інформацію для конструктивних рішень, які дозволять обробляти зерновий матеріал різних класів на одних і тих же машинах за рахунок незначних технічних регулювань.

Список літератури

1. *Костенко В. І.* Перспективи використання комбінованого кормоприготувального агрегату для великої рогатої худоби / *В. І. Костенко, О. О. Заболотько, В. С. Хмельовський* // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – 2008. – №12. – С. 235–238.
2. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / *О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко* та ін. ; За ред. *С. С. Яцуна*. – К.: Мета, 2003. – 448 с.

Аннотация. *В статье наведено описание испытательного оборудования, которое используется на кафедре механики НУБиП Украины, для определения механических свойств зерновых материалов, которые влияют на энергетические затраты в процессе приготовления кормов.*

Ключевые слова: ***зерно, механические испытания, энергетические затраты, кормоприготовления***

Annotation. *The paper contains description of test equipment in use at the Department of Mechanics NULES Ukraine for determine a mechanical properties of grain materials that affect energy consumption during feeding process.*

Key words: ***grain, mechanical testing, energy costs, feed preparation***

УДК 631.363

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА ВАЛЬЦЕДЕКОВОЮ ДРОБАРКОЮ

С. Є. Потапова, кандидат технічних наук

Анотація. *Наведено результати експериментальних досліджень процесу подрібнення зернових кормів вальцедековою зернодробаркою, на основі яких обґрунтовано її раціональні параметри.*

Ключові слова: ***подрібнювачі зерна, вальцедекова дробарка, модуль помелу, коефіцієнт варіації***

© С. Є. Потапова, 2016

Постановка проблеми. Повноцінна годівля всіх без виключення видів сільськогосподарських тварин і птиці передбачає введення до складу кормових раціонів фуражного зерна, доля якого становить від 30% до 80% від загальної структури раціону [1, 2].

Для підвищення поживної цінності, раціональнішого використання зернових кормів застосовують різні способи попередньої обробки і підготовки до згодовування. Проте, однією з основних і найбільш поширених технологічних операцій є подрібнення [3, 4]. Подрібнення зернових кормів зумовлене фізіологією сільськогосподарських тварин та підвищує їх засвоюваність. Тому правильний вибір подрібнюючого засобу є вкрай важливим.

За статистичними даними значна частка тваринницької продукції, що виробляється в Україні, забезпечується за рахунок невеликих фермерських та підсобних господарств. Для таких господарств необхідні дробарки невисокої продуктивності, які б при відносній простоті конструкції та обслуговування могли забезпечувати якісне виконання процесу подрібнення.

Аналіз останніх досліджень. Для перероблення концентрованих кормів останніми десятиріччями у сільськогосподарському виробництві та комбікормовій промисловості широкого застосування набули молоткові дробарки. Проте вони мають істотні недоліки, що призводять до перевитрати кормів, а також завищену енергомісткість процесу (12–20 кВт·год/т).

Вальцеві дробарки забезпечують задану крупність подрібнення зернових кормів при рівномірному гранулометричному складі продукту і малому виході пиловидної фракції та відзначаються низькою енергомісткістю процесу подрібнення. У практиці кормоприготування переважають дробарки з парним числом вальців, із продуктивністю не менше 1,5–3 т/год. Проте, для малих тваринницьких підприємств раціональним типорозміром є подрібнювачі зернових кормів продуктивністю 100–250 кг/год [5]. У зв’язку з цим, більш доцільним для таких господарств, є використання вальцедекових (одновальцевих) дробарок, які в порівнянні з двовальцевими мають більш просту конструкцію.

У матеріалах науково-технічної інформації наведено достатньо обґрунтувань основних параметрів і умов забезпечення ефективної роботи двовальцевих станків. Вітчизняними та зарубіжними науковцями проведено фундаментальні дослідження щодо впливу кінематичних та геометричних параметрів двовальцевих зернодробарок на характер протікання процесу подрібнення. Проте практично відсутні роботи, що дали б змогу комплексно розв’язати ці питання стосовно вальцедекових зернодробарок. Одновальцевий

варіант дробарок, який порівняно з двовальцевим має свої особливості, вивчений недостатньо.

Метою досліджень. Визначити раціональні параметри подрібнювача для фермерських господарств малих типорозмірів на основі експериментальних досліджень процесу подрібнення зернових кормів вальцедековою дробаркою.

Результати досліджень. Згідно з програмою експериментальних досліджень необхідно було дослідити залежності якості подрібненого продукту (модуль помелу *M* і коефіцієнт варіації фракційного складу *v*), продуктивності *Q* та енергомісткості *q* процесу подрібнення фуражного зерна від основних параметрів дробарки (*n* – частота обертання вальця, об/хв; β – кут нахилу напрямної; γ – кут обхвату вальця декою; δ – величина вихідного зазору, мм) та визначити за мінімальною енергомісткістю процесу раціональні конструктивні і кінематичні параметри зернодробарки.

За базову вихідну сировину для досліджень прийнято зернові (ячмінь, кукурудза) корми, які найчастіше використовуються в раціонах сільськогосподарських тварин.

Для реалізації програми експериментальних досліджень була розроблена конструктивно-функціональна схема, згідно з якою виготовлено установку для подрібнення зернових кормів.

Експериментальна установка включає (рис. 1): накопичувальний бункер з регулювальною заслінкою, робочу камеру з напрямною, декою і вальцем всередині та розвантажувальну горловину. Поверхня вальця рифлена, деки – гладенька. Для зміни шляху оброблення зерна використовувались змінні деки (рис. 2) з різним кутом обхвату γ. Експериментальна установка давала змогу: регулювати частоту обертання вальця за допомогою варіатора; змінювати кут нахилу напрямної; встановлювати одну з трьох дек з відповідним кутом обхвату; змінювати величину робочого зазору між вальцем та декою.

Під час проведення лабораторних досліджень визначалися такі енергетичні показники: потужність, яку споживає електропривод експериментальної установки на холостому ходу та під навантаженням; питомі витрати енергії. Покази знімали за допомогою струмовимірювальних кліщів Mastech MS 3302 (рис. 3). Для перетворення і оброблення отриманих даних використовували зовнішній модуль АЦП/ЦАП E14-140M, під’єднаний до персонального комп’ютера. Час перероблення кожної порції кормової сировини фіксували секундоміром. Швидкість обертання вальця вимірювали тахометром.

Якість подрібнення кормів оцінювали шляхом просіювання їх

наважки (масою 100 г) на решітному класифікаторі. Проби зважували на лабораторних терезах ВЛР-200 г, похибка яких становить ±0,5 мг.

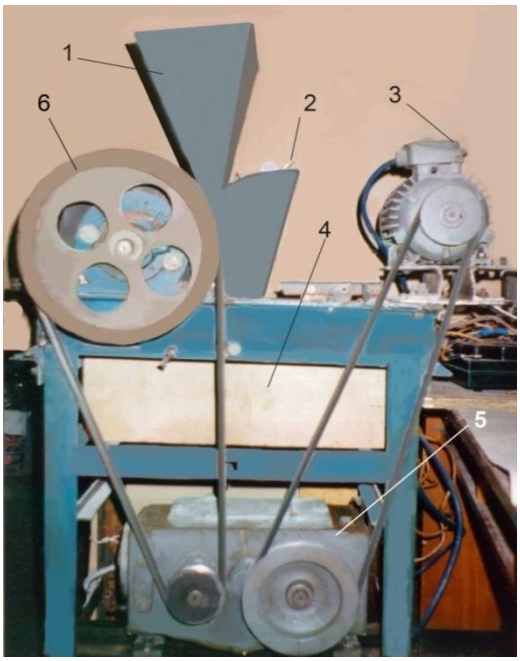


Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної установки: 1 – бункер для зерна; 2 – напрямна; 3 – електродвигун; 4 – ящик для готового продукту; 5 – варіатор; 6 – привідний шків.

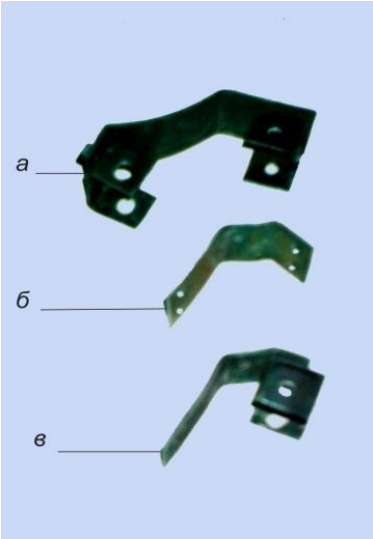


Рис. 2. Типи досліджуваних дек: а – дека (γ=45°); б – дека (γ=25°); в – дека (γ=10°).

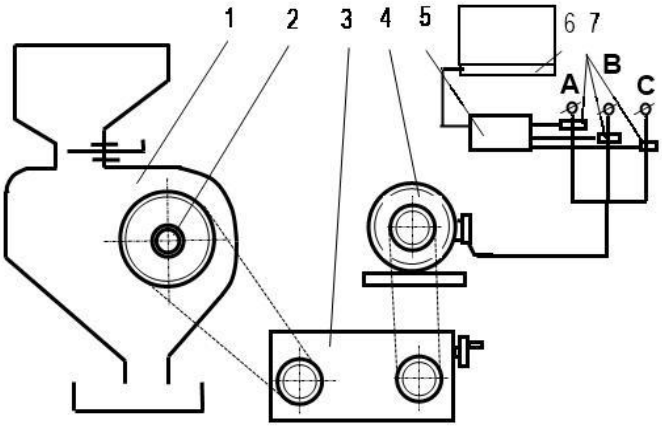


Рис. 3. Схема підключення вимірювальних пристроїв: 1 – дробарка; 2 – тахометр; 3 – варіатор; 4 – електродвигун; 5 – АЦП Е14-140; 6 – струмові кліщі Mastech MS 3302; 7 – комп'ютер.

Після опрацювання експериментальних даних на ПЕОМ за допомогою прикладної програми Statistica 6.1 отримано рівняння регресії. Математичні моделі після визначення значимих

коефіцієнтів регресії та проведеного розкодування для зручності використання рівнянь при розрахунках набули такого вигляду.

– для ячменю:

$$M_я = 0{,}5813 - 0{,}0021n - 0{,}0398\gamma + 0{,}1271\delta + 0{,}0002\beta\gamma - 0{,}0005\beta^2 + 0{,}0004\gamma^2 + 0{,}1765\delta^2; \quad (1)$$

$$\nu_я = 14{,}2452 + 0{,}0427n - 0{,}2169\beta + 6{,}3465\delta + 0{,}0121\beta\delta - 0{,}0001n^2 + 0{,}0022\beta^2 - 3{,}3231\delta^2; \quad (2)$$

$$q_я = -4{,}0741 + 0{,}0222n + 0{,}1469\beta + 1{,}0058\delta - 0{,}0005n\beta - 0{,}0029n\delta - 0{,}0611\gamma\delta - 0{,}0044\gamma^2; \quad (3)$$

$$Q_я = 69{,}3408 - 0{,}0693n - 1{,}386\gamma - 0{,}3817\delta + 0{,}0024n\beta + 0{,}016n\delta + 0{,}0087\beta\gamma + 0{,}1071\gamma\delta + 0{,}0113\gamma^2. \quad (4)$$

– для кукурудзи:

$$M_к = 1{,}3649 - 0{,}0041n - 0{,}0494\gamma + 0{,}1591\delta + 0{,}00001n\gamma + 0{,}0004\beta\gamma + 0{,}0038\beta\delta + 0{,}0004\gamma^2 + 0{,}1031\delta^2; \quad (5)$$

$$\nu_к = 23{,}067 - 0{,}0193n + 0{,}019\gamma + 1{,}781\delta + 0{,}0003n\gamma + 0{,}0015\beta\gamma - 0{,}0344\gamma\delta - 0{,}924\gamma^2; \quad (6)$$

$$q_к = 2{,}7683 - 0{,}0715\beta + 0{,}1065\gamma - 0{,}5046\delta + 0{,}0001n\gamma - 0{,}0014\beta\gamma - 0{,}0098\beta\delta - 0{,}0265\gamma\delta + 0{,}0013\beta^2; \quad (7)$$

$$Q_к = 56{,}5919 + 0{,}002n - 1{,}4829\gamma + 1{,}1066\delta + 0{,}0016n\beta + 0{,}0079\beta\gamma + 0{,}116\gamma\delta + 0{,}0134\gamma^2. \quad (8)$$

Аналіз отриманих поверхонь свідчить, що загалом характер впливу змінних факторів на величину модуля помелу *M* при переробленні різних культур однаковий, проте щодо ячменю отримані більші значення *M*.

Це пояснюється більш високою міцністю зерен ячменю. Найбільше показник *M* залежить від величини робочого зазору *δ*, що обмежує кінцевий розмір часток. При збільшенні δ природно зростає і модуль помелу *M*.

Дещо менший вплив на величину *M* має частота *n* обертання вальця (рис. 4 а). Зростання частоти обертання спричиняє більш інтенсивне подрібнення, що призводить до зменшення *M*. Проте при фіксованій величині робочого зазору *δ* цей вплив незначний. Кут нахилу *β* напрямної практично не впливає на величину *M* (рис. 4 б).

При дослідженні впливу змінних факторів на коефіцієнт варіації продуктів подрібнення для ячменю значення *v* перебувало у межах 9–20%, для кукурудзи 16–23%.

Різниця пояснюється відмінністю фізико-механічних властивостей цих культур. Одночасне збільшення кута *γ* обхвату декою вальця та частоти *n* обертання вальця призводить до інтенсивного зростання коефіцієнта варіації *v* (рис. 4, в). Найзначніший вплив на величину коефіцієнта варіації має зміна робочого зазору *δ*. Чим більше величина *δ*, тим менший коефіцієнт варіації (рис. 4, г).

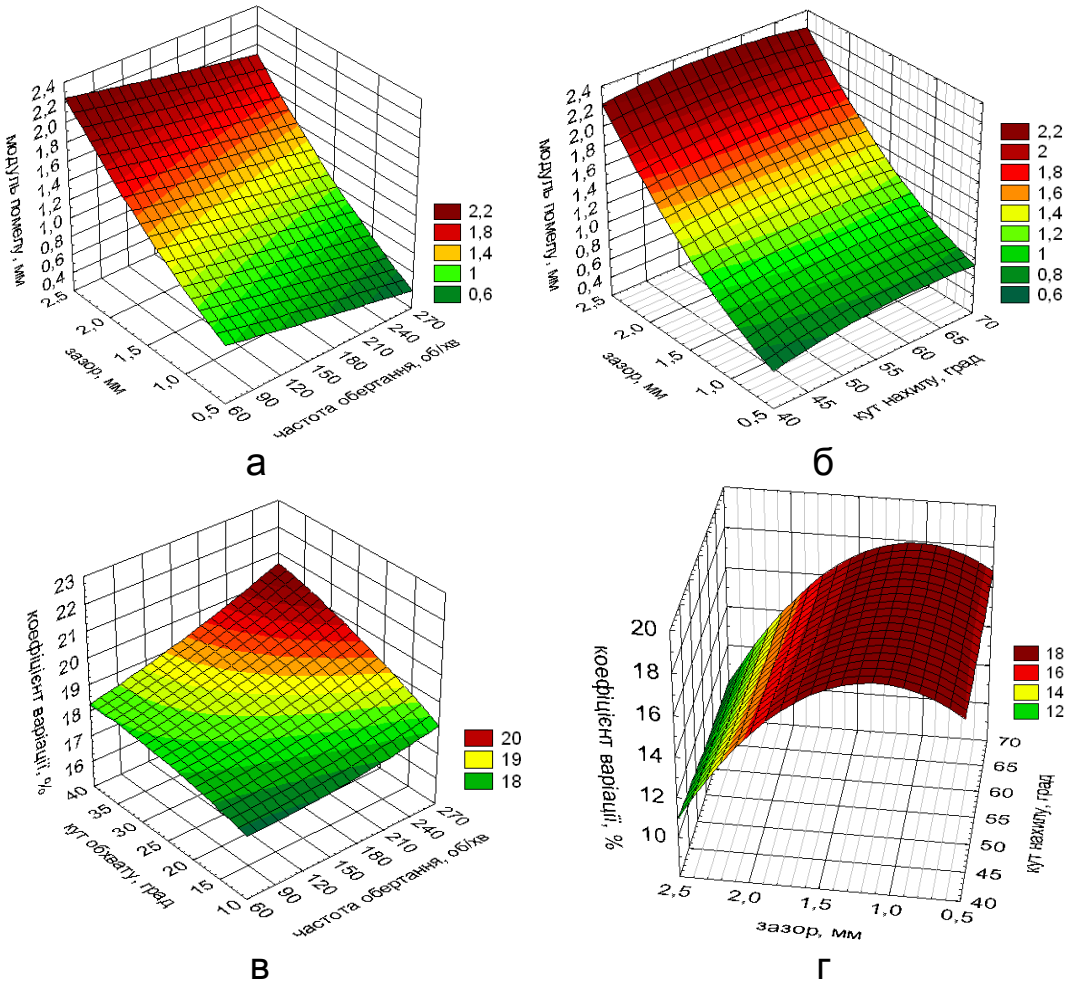


Рис. 4. Залежності модуля помелу $M_к$(а) і $M_я$(б), коефіцієнта варіації $v_к$(в) і $v_я$(г), від змінних факторів.

Зменшення величини кута обхвату *γ* декою вальця призводить до підвищення продуктивності, проте за великих значень робочого зазору *δ* вплив *γ* нівелюється. Із збільшенням робочого зазору *δ* питома енергомісткість *q* зменшується, причому чим менші значення кута нахилу *β*, тим інтенсивніший вплив *δ*. Енергомісткість процесу подрібнення ячменю, зерна якого міцніші, вища ніж кукурудзи. Із зростанням частоти *n* обертання вальця та одночасним збільшенням кута нахилу напрямної *β* питома енергомісткість процесу різко підвищується При значних (понад 210 об/хв) значеннях *n* із зменшенням кута *β* енергомісткість знижується, що можна пояснити покращенням умов затягування зерна в зону подрібнення. Приклади залежностей критеріїв оптимізації від основних керованих факторів наведено на рис. 5 і рис. 6.

Аналіз отриманих залежностей дає змогу зробити рекомендації щодо раціональних параметрів дробарки. Наприклад, у разі подрібнення зерна ячменю до середньої крупності продукту *M* = =1,29 мм (зазор 1,5 мм) є такими: частота обертання вальця *n* =

=160 об/хв, кут нахилу напрямної β = 70°, кут обхвату декою вальця γ = 10°. За цих значень названих факторів питома енергомісткість становить 5,16 кВт·год/т при коефіцієнті варіації фракційного складу v = 17,94%.

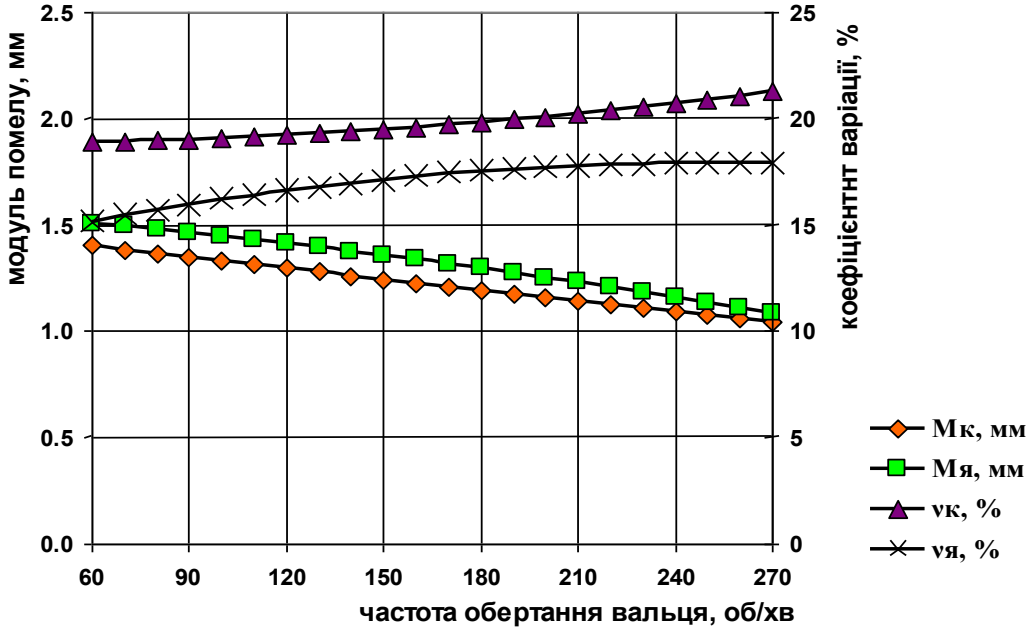


Рис. 5. Залежності модуля помелу кукурудзи $M_к$ і ячменю $M_я$та коефіцієнта варіації відповідно $v_к$ і $v_я$ від частоти n обертання вальця.

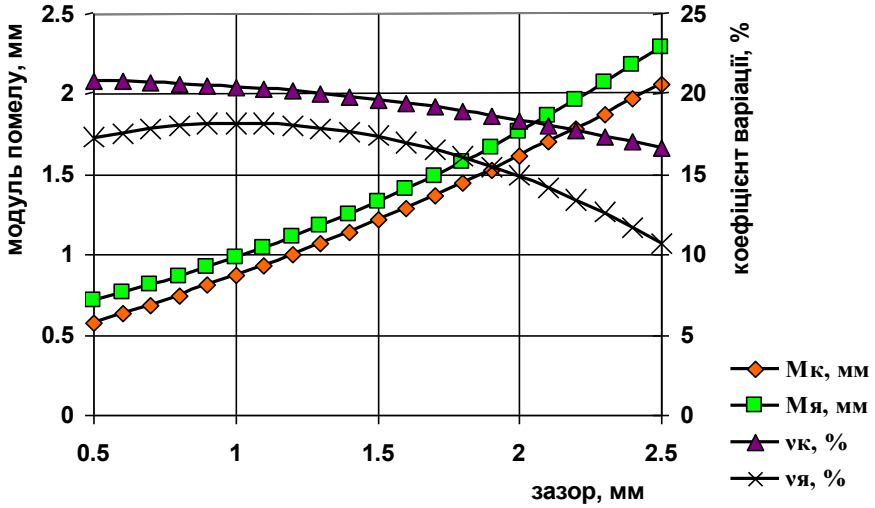


Рис. 6. Залежності модуля помелу кукурудзи $M_к$ і ячменю $M_я$ та коефіцієнта варіації відповідно $v_к$ і $v_я$ від величини робочого зазору δ між вальцем та декою.

У випадку подрібнення кукурудзи до середньої крупності продукту M = 1,44 мм (зазор 1,5 мм) раціональними є: частота

обертання вальця n = 165 об/хв, кут нахилу напрямної β = 40°, кут обхвату декою вальця γ = 10°. За цих значень названих факторів величина питомої енргомісткості становитиме 2,78 кВт·год/т, а коефіцієнт варіації v = 18,39%.

Висновок. На основі проведених досліджень встановлено доцільність використання одновальцевих (вальцедекових) зернодробарок запропонованої конструкції для подрібнення концентрованих кормів у фермерських господарствах малих типорозмірів. При цьому рекомендовані такі раціональні параметри: частота обертання вальця – 160–165 об/хв, кут обхвату декою вальця – 10°, кут нахилу напрямної має регулюватися в залежності від виду перероблюваного зерна (для ячменю β = 70°, для кукурудзи β = 40°), які забезпечать зменшення енерговитрат та підвищення якості продуктів подрібнення.

Список літератури

1. *Богданов Г. А.* Кормление сельскохозяйственных животных / *Г. А. Богданов*. – М.: Агропромиздат, 1990. – 624 с.
2. *Левин А. Б.* Основы животноводства и кормопроизводства / *А. Б. Левин*. – [3-е изд.] – М.: Агропромиздат, 1987. – 225 с.
3. *Мельников С. В.* Механизация и автоматизация животноводческих ферм / *С. В. Мельников*. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
4. *Ревенко І. І.* Машини та обладнання для тваринництва / *І.І. Ревенко, М. В. Брагінець, В. І. Ребенко.* – К.: Кондор, 2009. – 735 с.
5. *Ревенко І. І.* Принципи розробки та вибору кормоприготувальних машин для малих ферм / *І. І. Ревенко, Ю. І. Ревенко, С. Є. Потапова* // Техніка АПК. – 1999. – № 3. – С. 26–27.

Аннотация. *Приведены результаты экспериментальных исследований процесса измельчения зерновых кормов вальцедековой зернодробилкой, на основе которых обоснованы ее рациональные параметры.*

Ключевые слова: ***измельчители зерна, вальцедековая дробилка, модуль помола, коэффициент вариации***

Annotation. *The results of experimental studies of the process of grinding grain in roll-and-deck crusher are presented; on which crusher's rational parameters were justified.*

Key words: ***grain grinders, roll-and-deck crusher, module of grinding, coefficient of variation***

УДК 629.631.554

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ПЕРЕВЕЗЕННІ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

С. Г. Фришев, доктор технічних наук

Анотація. *Обгрунтована методика порівняльної оцінки роботи транспортних засобів на перевезенні цукрових буряків від комбайнів.*

Ключові слова: ***цукрові буряки, збирання, транспортування, транспортні засоби, перевантаження, ефективність***

Постановка проблеми. Застосування різних способів організації перевезення коренеплодів від бурякозбиральних комбайнів (БК) передбачає різний склад машин збирально-транспортних комплексів (ЗТК). Еволюція розвитку БК відбувалася останнім часом в напрямку обладнання їх спочатку бункерами-компенсаторами місткістю 1,5–3,5 т, а потім, із збільшенням потужності двигунів до 250-300 кВт місткість бункера збільшували поетапно – до 10–12, 15–18, 20–25 т. Відповідно значно зростав за вантажопідйомністю транспортний парк, який збагатився спеціалізованою технікою. Широкий вибір машин на сучасному ринку за техніко-експлуатаційними параметрами обумовлює значну різновидність марок БК та транспортних комплексів, які застосовуються в господарствах останнім часом. Вартісна економічна оцінка збирально-транспортних технологій (ЗТТ) ускладнена відсутністю стабільних цін на техніку у зв’язку із частою зміною валютного курсу. Тому доцільна розробка методики порівняльної оцінки, яка заснована на оцінці показників питомої трудомісткості технологічних операцій ЗТТ.

Аналіз останніх досліджень. За оцінкою спеціалістів Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України найбільш ефективною організацією вивезення цукрових буряків з поля на приймальний пункт є застосування автопоїздів з використанням великовантажних автомобілів (АМ), при цьому АМ перевозить два причепи (традиційна технологічна схема) [1]. Для ефективного використання АМ за кожним з них закріплено по чотири двовісних причепа. При потоковому збиранні урожаю спочатку завантажується АМ, а потім два причепи, які були завантажено раніше. В тої час, коли автопоїзд везе буряки на приймальний пункт, при допомозі трактора два пусті причепи перевозяться до БК, де завантажуються,

© С. Г. Фришев, 2016

а потім відправляються на дорогу. При поверненні АМ з пустими причепами водій відчіпляє їх, завантажується від БК, причіпляє раніше завантажені два причепи і відвозить на приймальний пункт.

Технологічний процес, який прийнято нами для порівняння здійснюється таким комплексом машин: бурякозбиральні комбайни, авто тягачі (АТ), автомобільні напівпричепи (НП) самоскиди та трактори. Транспортний агрегат, що містить НП з трактором, обладнаним зчіпним сідельним пристроєм, рухається по полю, під'їжджає до чергового БК, який має заповнений коренеплодами бункер і завантажується. Місткість кузова НП вибирається рівної або кратної місткості бункера БК так, щоби один або два – три НП завантажували всі коренеплоди з бункера. Після завантаження трактор перевозить НП до краю поля, відчіпляє його та причіпляє порожній НП, який знаходиться там же, і повертається в поле до комбайнів. Завантажений продукцією НП причіпляється до АТ з сідельним пристроєм, який перевозить буряки на приймальний пункт, розвантажується як самоскид, і повертає НП на край поля.

З метою кількісної оцінки вказаних способів і визначення доцільності застосування більш раціонального необхідна розробка методики порівняльної оцінки організації різних способів роботи транспортних засобів.

Метою досліджень є підвищення ефективності технології перевезення цукрових буряків від комбайнів шляхом її раціонального вибору на підставі обгрунтування відповідної методики порівняльної оцінки організації роботи транспортних засобів.

Результати досліджень. Аналіз першої схеми, що розглядаються, показує наступне. Сам АМ працює за потоковою схемою на «довгому плече» руху «комбайн – приймальний пункт» із зупинками на краю поля для відчіплення-причеплення причепів. Така схема має недоліки, які притаманні їй: простої БК та АМ в очікуванні завантаження [2]. Оборотні причепи в комплексі з трактором працюють в режимі компенсаторів за напівчовниковою схемою руху на «короткому плече» – «комбайн – край поля» із зупинками на краю поля для відчіплення-причеплення причепів. Необхідність виконання додаткових операцій відчіплення-причеплення причепів знижує ефективність такого способу.

Іншим способом (друга технологічна схема) організації перевезень є застосування одночасного напівчовникового способу руху як на «короткому» так і на «довгому» плече. В якості ТЗ використано оборотні НП, які працюють в поле з трактором, що обладнано сідельним зчіпним пристроєм, а на дорозі – з АТ [3]. Цей спосіб має позитивні складові, оскільки як на «короткому» так і на «довгому» плече ТЗ працюють як компенсатори, що виключає

простої як БК так і ТЗ, а застосування сідельного зчіпного пристрою на тракторі зменшує трудовитрати.

Для порівняльної оцінки двох технологічних варіантів застосуємо питому тривалість збирально-транспортних операцій (ПТО) у вигляді часу, який віднесено до 1 тонни перевезеної продукції, год/т. Для технологічного варіанту використання автопоїзда з двома причепами ПТО визначається за рівнянням:

$$t_{П1} = \frac{T_{O1}}{q_A\gamma_A(q_A\gamma_A + q_П\gamma_П)} = \frac{t_{ПЕР1} + t_{ОЧ1} + t_{ЗАВ1} + t_{П-В}}{q_A\gamma_A} + \frac{t_{ОЧП} + t_{РУХ} + t_{РА}}{q_A\gamma_A + q_П\gamma_П},\ год/т, \quad (1)$$

$$t_{П2} = \frac{T_{П2}}{q_П\gamma_П} = \frac{t_{ПЕР2} + t_{ОЧ2} + t_{ЗАВ2} + t_{П-В}}{q_П\gamma_П},\ год/т, \quad (2)$$

де: $t_{П1}$, $t_{П2}$ – питома тривалість збирально-транспортних операцій відповідно автомобіля і причепів з трактором; T_{O1}, $t_{ПЕР1}$, $t_{ОЧ1}$, $t_{ЗАВ1}$, $t_{П-В}$, $t_{ОЧП}$, $t_{РУХ}$, $t_{РА}$ – тривалість (в годинах) збирально-транспортних операцій автомобіля, відповідно загальна, переїзду по полю, очікування завантаження, завантаження, відчіплення-причеплення причепів, очікування подачі причепів, руху на приймальний пункт і назад, розвантаження коренеплодів на приймальному пункті; q_A, $q_П$ – вантажопідйомність автомобіля і причепа, т; γ_A, $\gamma_П$ – коефіцієнти статичного використання вантажопідйомності автомобіля і причепа; $T_{П2}$, $t_{ПЕР2}$, $t_{ОЧ2}$, $t_{ЗАВ2}$, $t_{П-В}$ – тривалість (в годинах) збирально-транспортних операцій причепа з трактором, відповідно загальна, переїзду по полю, очікування завантаження, завантаження, відчіплення-причеплення причепів відносно трактора.

Згідно експериментальних даних [4–6] тривалість переїзду автомобіля по полю, очікування завантаження, завантаження дорівнює:

$$t_{ПЕР1} + t_{ОЧ1} + t_{ЗАВ1} = 0,09 + \frac{q_A\gamma_A}{W_H},\ год, \quad (3)$$

де: W_H – продуктивність вивантажувального транспортера бункера комбайна, т/год.

Відповідно тривалість переїзду причепів з трактором по полю, очікування завантаження, завантаження дорівнює:

$$t_{ПЕР2} + t_{ОЧ2} + t_{ЗАВ2} = 0,09 + \frac{q_П\gamma_П}{W_H},\ год, \quad (4)$$

Загальна питома тривалість збирально-транспортних операцій для технологічного варіанту застосування автопоїзда з двома причепами з урахуванням (3) і (4) визначиться як:

$$T_П = t_{П1} + t_{П2} = \frac{t_{ПЕР1} + t_{ОЧ1} + t_{ЗАВ1} + t_{П-В}}{q_A \gamma_A} + \frac{t_{ОЧП} + t_{РУХ} + t_{РА}}{q_A \gamma_A + q_П \gamma_П} + \frac{t_{ПЕР2} + t_{ОЧ2} + t_{ЗАВ2} + t_{П-В}}{q_П \gamma_П} =$$

$$= \frac{0,09 + \frac{q_A \gamma_A}{W} + t_{П-В}}{q_A \gamma_A} + \frac{t_{ОЧП} + t_{РУХ} + t_{РА}}{q_A \gamma_A + q_П \gamma_П} + \frac{0,09 + \frac{q_П \gamma_П}{W} + t_{П-В}}{q_П \gamma_П}, \ год/т \qquad (5)$$

Для другого технологічного варіанту – застосування напівпричепів складові ПТО визначаються з рівнянь:

$$t_{Н1} = \frac{t_{П-ВН} + t_{РУХ} + t_{РА}}{q_Б} = \frac{t_{П-ВН} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{РА}}{q_Б}, \ год/т, \qquad (6)$$

$$t_{Н2} = \frac{t_{ПЕР3} + t_{ОЧ3} + t_{ЗАВ3} + t_{П-ВН}}{q_Б} = \frac{0,09 + \frac{q_Б}{W_Н} + t_{П-ВН}}{q_Б}, \ год/т, \qquad (7)$$

де: $t_{Н1}$, $t_{Н2}$ – тривалість питомих збирально-транспортних операцій відповідно напівпричепа з автотягачем та напівпричепа з трактором; $t_{П-ВН}$ $t_{РУХ}$, $t_{РА}$ $t_{ПЕР3}$, $t_{ОЧ3}$, $t_{ЗАВ3}$ – тривалість збирально-транспортних операцій, відповідно: відчіплення-причеплення напівпричепів із застосуванням сідельних пристроїв, руху автотягача з напівпричепом на приймальний пункт і назад, розвантаження коренеплодів, переїзду по полю НП з трактором, очікування завантаження, завантаження НП; l_{ij} – відстань перевезення зерна з поля (пункту і) в пункт розвантаження (пункт j), км; v_T – середня технічна швидкість автомобіля на шляху від поля на тік, км/год; $t_{РА}$ – тривалість перебування АТ в пункті розвантаження, яка залежить від рівня механізації і організації робіт; $q_Б$ – маса коренеплодів в бункері комбайна: $q_Б = \omega_К d_В$, т (де: $\omega_К$ – місткість бункера БК, м^3; $d_В$ – об'ємна вага цукрових буряків, т/м^3).

Вантажопідйомність напівричепа визначається як:

$$q_Н = \frac{q_Б}{\gamma_Н},$$

де: $\gamma_Н$ – коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності НП.

Загальна питома тривалість збирально-транспортних операцій для застосування напівпричепів з урахуванням (3) і (4) визначиться як:

$$T_Н = t_{Н1} + t_{Н2} =$$

$$\frac{t_{П-ВН} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{РА}}{q_Н \gamma_Н} + \frac{0,09 + \frac{q_Б}{W_Н} + t_{П-ВН}}{q_Н \gamma_Н} = \frac{2t_{П-ВН} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{РА} + 0,09 + \frac{q_Б}{W_Н}}{q_Б}, \ год/т \qquad (8)$$

Економія питомих витрат часу визначиться як різниця ПТО між технологічними варіантами і становить:

$$\Delta \mathrm{T} = \mathrm{T}_{\mathrm{П}} - \mathrm{T}_{\mathrm{Н}} = \frac{0,09 + \frac{q_A \gamma_A}{W_{\mathrm{Н}}} + t_{П-В}}{q_A \gamma_A} + \frac{t_{ОЧП} + t_{РУХ} + t_{РА}}{q_A \gamma_A + q_П \gamma_П} + \frac{0,09 + \frac{q_П \gamma_П}{W_{\mathrm{Н}}} + t_{П-В}}{q_П \gamma_П} -$$

$$- \frac{2t_{П-ВН} + t_{РУХ} + t_{РА} + 0,09 + \frac{q_Б}{W_Н}}{q_Б}, \ год/т. \qquad (9)$$

Одержане рівняння показує, що збільшення економії питомих витрат досягається за рахунок збільшення обсягу бункера БК та зменшення величини витрат часу на відчіплення-причеплення із застосуванням пристрою сідельного зчеплення. Для порівняння одержаних залежностей зробимо наступні припущення:

- маса вантажу, яка перевозиться автомобілем з причепами, дорівнює масі вантажу в напівпричепі і дорівнює масі цукрового буряка в бункері БК: $q_A \gamma_A + q_П \gamma_П = q_Н \gamma_Н = q_Б$;
- маса вантажу, яка перевозиться автомобілем дорівнює масі вантажу в кожному із двох причепів:

$$q_A \gamma_A = \frac{1}{3} q_Б, \ q_П \gamma_П = \frac{2}{3} q_Б;$$

- тривалість відчіплення-причеплення причепів в 2 рази більше тривалості відчіплення – причеплення напівпричепів із застосуванням сідельних пристроїв: $t_{П-В} = 2 t_{П-ВН}$;
- тривалість очікування подачі причепів до автомобіля при високої організації виконання черговості операцій мінімальна і прийнята $t_{ОЧП} = 0$.

Економія питомих витрат часу з урахуванням припущень визначиться як:

$$\Delta \mathrm{T} = \frac{0,09 + \frac{\frac{1}{3} q_Б}{W_{\mathrm{Н}}} + 2t_{П-ВН}}{\frac{1}{3} q_Б} + \frac{t_{РУХ} + t_{РА}}{q_Б}$$

$$+ \frac{0,09 + \frac{\frac{2}{3} q_Б}{W_{\mathrm{Н}}} + 2t_{П-ВН}}{\frac{2}{3} q_Б} - \frac{2t_{П-ВН} + t_{РУХ} + t_{РА} + 0,09 + \frac{q_Б}{W_Н}}{q_Б} = \qquad (10)$$

$$= \frac{0,315 + \frac{q_Б}{W_Н} + 7t_{П-ВН}}{q_Б}, \ год/т$$

Отриманий вираз дозволяє визначити ефективність перевезень цукрових буряків від комбайнів у питомих трудовитратах під час використання напівпричепів самоскидів як компенсаторів в порівнянні с традиційним варіантом перевезень.

Приклад розрахунку. Цукровий буряк збирають комбайни Ropa Euro Tiger (9 рядний) з продуктивністю за годину робочого (основного) часу $W_{КР} = 170$ т/год, місткістю бункера 40 м^3 (25,6 т) і продуктивністю транспортера на вивантаженні буряків з бункера $W_Н$ = = 720 т/год. Коефіцієнт використання часу зміни для БК за технологічним варіантом застосування оборотних напівпричепів $\tau = 0,81$; тривалість робочого дня $t = 12$ *год.* Для вивезення коренеплодів від комбайна застосовують оборотні НП як компенсатори. Прийнята $t_{В-ПН}$=0,05 год, час перебування автомобіля на приймальному пункті – 0,1 год.

Визначити ефективність перевезень цукрових буряків від комбайнів у питомих трудовитратах під час використання напівпричепів самоскидів як компенсаторів в порівнянні с традиційним варіантом перевезень, а також загальну економію часу на перевезенні від одного БК за робочий день.

Рішення. Економія питомих трудовитрат під час використання напівпричепів самоскидів як компенсаторів в порівнянні с традиційним варіантом перевезень дорівнює:

$$\Delta T = \frac{0,315 + \frac{q_Б}{W_Н} + 7t_{П-ВН}}{q_Б} = \frac{0,315 + \frac{25,6}{720} + 7 \cdot 0,05}{25,6} = 0,027 \ т/год.$$

Обсяг коренеплодів, які збираються та перевозяться за робочий день дорівнює:

$$Q = W_{КР} t \cdot \tau = 170 \cdot 12 \cdot 0,81 = 1652 \ т.$$

Економія часу на перевезення за робочий день визначиться як:

$$T = \Delta T \cdot Q = 0,027 \cdot 1652 = 44,6 \ год.$$

Висновок. Теоретичний аналіз роботи збирально-транспортного комплексу для цукрових буряків із застосуванням оборотних автомобільних напівпричепів самоскидів та за традиційною технологією із використанням автопоїздів з причепами дозволив обґрунтувати методику порівняльної оцінки роботи транспортних засобів на перевезенні цукрових буряків від комбайнів.

Список літератури

1 *Курило В. Л.* Збиранню цукрових буряків – високу якість / *В. Л.* Курило, *В. М. Сінченко, В. І. Пиркін та ін.* // Цукрові буряки. – 2012. – №4. – С. 14–18.

2 *Измайлов А. Ю.* Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК / *А. Ю. Измайлов*. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 200 с.

3 *Фришев С. Г.* Аналіз пропускної здатності транспортно-технологічного комплексу з без букерними комбайнами / *С. Г. Фришев* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 2. – С. 203–211.
4 *Зязев В. А.* Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом / *В. А. Зязев, М. С. Капланович, В. И. Петров*. – М.: Транспорт, 1979. – 253 с.
5 *Капланович М. С*. Справочник по сельскохозяйственным транспортным работам / *М. С. Капланович*. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 315 с.
6 *Бурьянов А. И.* Технология, организация и планирование перевозок грузов на сельскохозяйственных предприятиях : монография / *А. И. Бурьянов*. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010. – 268 с.

Аннотация. *Обоснована методика сравнительной оценки работы транспортных средств на перевозке сахарной свеклы от комбайнов.*

Ключевые слова: ***сахарная свекла, уборка, транспортировка, транспортные средства, перегрузка, эффективность***

Annotation. *The technique of a comparative assessment of works of transport facilities on conveyance of a sugar beet from combines is proved.*

Key words: ***sugar beets, harvesting, transportation vehicles, overloading, efficiency***

УДК 631:372

ДО ПИТАННЯ ВИВЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ МЕЗ З КОЛІСНОЮ ФОРМУЛОЮ 2К2

Р. Г. Шкарівський, магістр
Г. В. Шкарівський, кандидат технічних наук

Анотація. *Викладено результати аналізу доцільності використання в сільськогосподарському виробництві енергозасобів з колісною формулою 2К2 з урахуванням характеристик господарств, їх матеріально-технічного оснащення та вкладу у валову продукцію сільського господарства.*

Ключові слова: ***мобільний енергетичний засіб, малогабаритний, колісна формула 2К2, використання, доцільність, сільськогосподарське виробництво***

Постановка проблеми. Продовольча безпека держави визначається її здатністю забезпечити населення продуктами

© Р. Г. Шкарівський, Г. В. Шкарівський,2016

харчування. Отримання власне продуктів харчування та сировини для їх виробництва забезпечує аграрний сектор економіки, використовуючи необхідні засоби виробництва. Одним з основних засобів виробництва в рослинництві є машинно-тракторний агрегат (МТА), створений на базі мобільного енергетичного засобу (МЕЗ). Зважаючи на те, що аграрний сектор об'єднує підприємства різних форм власності і розмірів та окремі господарства варто зазначити, що вимоги до МЕЗ для створення МТА є дуже жорсткими і не можуть бути втілені в якомусь одному типі машин. В такому випадку актуальними є питання присвячені вивченню доцільності використання у сільськогосподарському виробництві енергозасобів різного призначення та розмірів, включаючи і малогабаритні з колісною формулою 2К2 відповідно положенням державної цільової програми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі.

Аналіз останніх досліджень. Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи з малогабаритними МЕЗ, що характеризуються колісною формулою 2К2 можна об'єднати в кілька окремих груп, а саме: 1 – роботи присвячені вдосконаленню конструкції мотоблоків [1–4]; 2 – роботи присвячені проблемам керування та ергономічним аспектам експлуатації мотоблоків і агрегатів на їх базі [5–9]; 3 – роботи присвячені стійкості роботи мотоблоків і агрегатів на їх базі [10, 11]; 4 – роботи присвячені особливостям технологічної експлуатації мотоблоків і агрегатів на їх базі [12–15]. Дослідження, приведені в названих роботах стосуються питань: зниження ущільнення ґрунту та підвищення тягових властивостей енергозасобів, вдосконалення характеристик коробки передач у першій з визначених груп; зниження шкідливого впливу вібрації на оператора та зусиль затрачених на керування – у другій; підвищенню стійкості агрегатів на базі мотоблоків і власне мотоблоків при роботі на схилах – у третій; забезпеченню виконання окремих технологічних операцій – у четвертій групі.

Однак, в Україні, до цього часу дуже часто як серед виробничників, так і науковців точаться дискусії на теми як доцільності використання в сільськогосподарському виробництві малогабаритних МЕЗ з колісною формулою 2К2, так і проведення науково-дослідних робіт з підвищення ефективності їх використання, що, в певній мірі, може визначати темпи і ефективність розв'язання проблем в ресурсному забезпеченні сільськогосподарського виробництва.

Мета досліджень. Встановити доцільність використання в сільськогосподарському виробництві малогабаритних МЕЗ з колісною формулою 2К2.

Результати досліджень. Ефективність функціонування господарства будь-якого типу і розміру істотно залежить від правильного вибору машинно-тракторного парку. Використання потужних тракторів на ділянках малих розмірів з малою довжиною гону приведе до зниження значення коефіцієнта використання часу зміни, а звідси і до підвищення собівартості кінцевої продукції [16].

Понад 50% господарств населення мають площу землі до 0,5 га – табл. 1 [17]. На таких площах використання машин класів 0,6 і вище не ефективне. Однак, трактор використовується в 77,9% цих господарства (табл. 1 дані за 2014 рік), а кінь чи віл – у 30,4% господарств і це при тому, що ще і ручну працю використовують в 93,0% господарств. Пояснення цьому викладено в роботі [18], де стверджується, що господарі виконують разові механізовані роботи з використанням тракторів (зяблева оранка та весняна культивація), а подальший обробіток виконують ручним способом, або з допомогою живої сили. За таких умов істотне зниження долі ручної праці від використання тракторів, кількість яких в господарствах населення на кінець 2014 року складала 188 тис. шт. (рис. 1 [17]) на даному етапі очікувати не варто. Викладене можна пояснити тим, що, наприклад, з 2005 по 2014 роки кількість тракторів збільшувалась з 135 тис. шт. до 188 тис. шт., тобто на 28,2%, а кількість господарств, які використовували ручну працю також збільшувалась від 89,6 до 93,0%, тобто на 4,3%, що не є природнім для ситуації коли зростає кількість тракторів. Тому господарства населення за останні роки істотно нарощують парк малогабаритних тракторів і мотоблоків (див. рис. 1 [17]).

1. Коротка характеристика господарств населення в розрізі років.

Показник для домогосподарства		*Роки*					
		2005	2010	2011	2012	2013	2014
Середній розмір площі землі, га		1,08	1,20	1,21	1,22	1,18	1,23
Структура земельних площ, %	до 0,5 га	50,8	50,9	50,6	50,2	52,6	51,1
	0,5 – 1,0 га	30,3	27,3	27,3	27,0	25,9	27,3
	понад 1,0 га	18,9	21,8	22,1	22,8	21,5	21,6
Наявність техніки, %	усі домогосподарства	11,9	13,0	14,6	14,8	15,8	17,4
	з площею землі понад 1 га	27,6	27,7	27,7	28,8	32,2	33,4
Для обробітку землі використовують	ручну працю, %	89,6	93,8	89,3	90,0	93,3	93,0
	коней, волів	33,6	32,4	31,8	31,4	30,0	30,4
	трактор, %	66,9	73,9	72,7	73,8	75,7	77,9
Залучають найманих працівників, %		18,0	16,4	15,6	15,0	14,0	15,2

В середньому темпи приросту кількості тракторів у господарствах населення з 2005 року не перевищували 5,3 тис. шт.

на рік, а малогабаритних МЕЗ – 11,4 тис. шт. Тобто малогабаритних МЕЗ купляли в 2,15 рази більше.

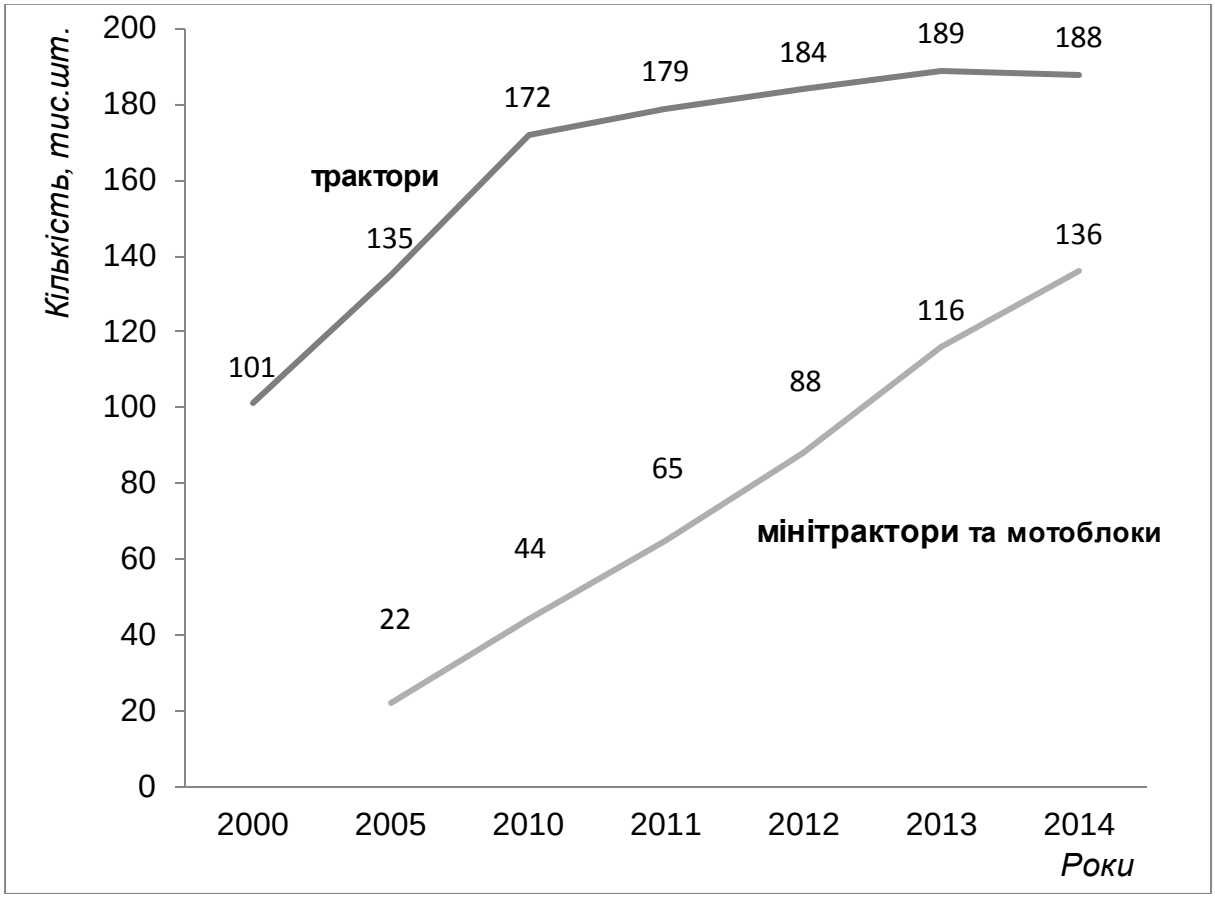


Рис. 1. Наявність тракторів, мінітракторів та мотоблоків у господарствах населення.

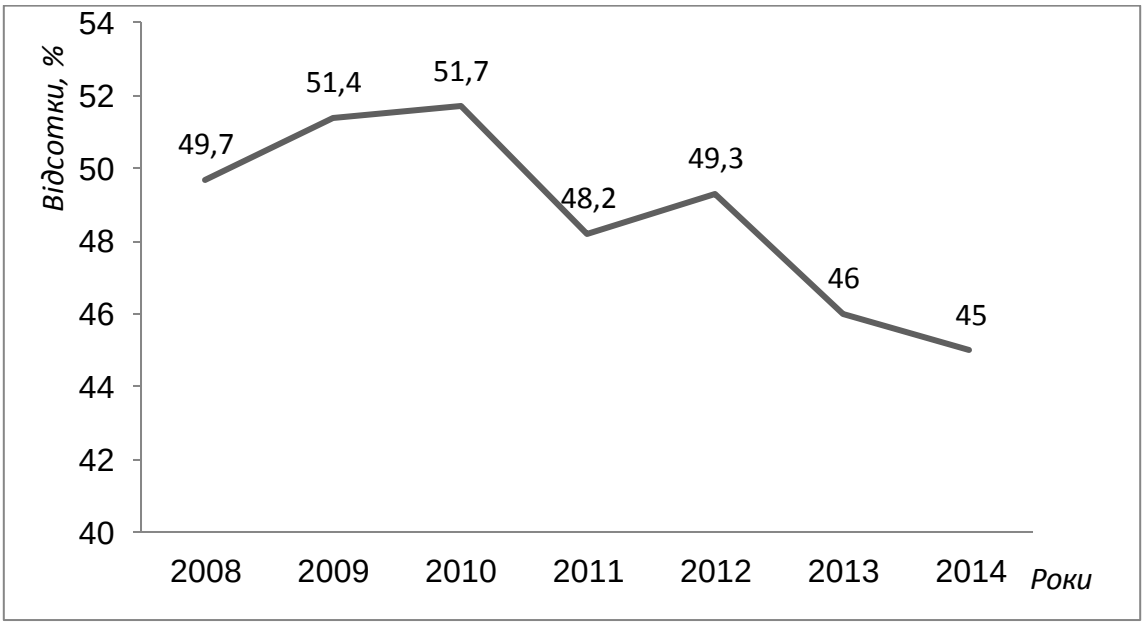


Рис. 2. Частка господарств населення у виробництві продукції сільського господарства.

Важко відстежити вплив наявності мобільних енергетичних засобів на часку господарств населення у продукції сільського господарства, адже динаміка цього показника за останні роки показує певне зниження (рис. 2 [19]).

Пояснити ситуацію, що склалася можна тим, що кількість господарств населення у 2014 році зменшилася на 15,8% порівняно з 2005 роком і складає 4136,8 тисяч. При цьому, виходячи тільки з кількісного складу, рівень забезпечення господарств населення енергозасобами складає лише 7,8% [17].

Відомо, що до малогабаритних МЕЗ сьогодні можна віднести дві групи машин, а саме: машини, переміщення і керування якими забезпечується тільки елементами їх ходової частини, як правило трьох-, або чотирьохколісної, або ж гусеничної; машини, переміщення і керування якими забезпечується як елементами їх ходової частини, так і людиною (її опорно-рушійним апаратом).

Перша група машин представлена мінітракторами. Їх робота і агрегатування подібні до стандартних тракторів і, як правило, практично повністю запозичуються з урахуванням зміни характеристик пов’язаних з габаритами і вагою.

Друга група машин – це одновісні мотоблоки і мотокультиватори з колісною формулою 2К2. Їх використання базується на використанні мускульної сили людини. Це є причиною того, що частина енергії, яка витрачається на виконання технологічного процесу, окрім енергії витраченої на керуючі дії, відбирається від людини. Розмір цієї частки істотно залежить від характеристик агрегату, створеного на базі такого МЕЗ і визначає ступінь втомлюваності оператора і зниження продуктивності праці. І саме ці негативні явища прямо пов’язані з функціонуванням ґрунтообробних агрегатів – пробуксовуванням їх рушіїв, незадовільній точності руху. Перша група машин більш відома, зрозуміла і прогнозована в експлуатації, приводить до меншого стомлювання оператора і саме цим можна частково пояснити виникнення дискусій щодо доцільності використання машин другої групи, які на ринку держави з’явилися досить недавно, тому менш відомі для споживача і якісні інструкції з їх ефективного використання поки що не існують. Однак, машини першої групи значно дорожчі за машини другої групи і не завжди забезпечують вимоги споживача, який обробляє ділянку складної форми. Досвід же експлуатації малогабаритних МЕЗ за кордоном не ставить під сумнів доцільність використання енергозасобі з колісною формулою 2К2 (мотоблоків і мотокультиваторов), а лише акцентує увагу на необхідності їх присутності в парках господарств та підвищення ефективності використання шляхом проведення відповідних

науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт. Крім того, МЕЗ з колісною формулою 2К2 (мотоблоки, мотокультиватори), з названих вище причин, має обмеження у використанні за розміром ділянки, потужності встановленого двигуна та ширини захвату фрезерного культиватора – табл. 2 [20]. Однак, саме такі розміри ділянок мають переважна більшість господарств населення. І навіть якщо обмежитися площею господарства в 1 га, де використання мотоблока вже гарантовано буде ефективним, то до цієї групи потраплять 78,4% господарств від їх загальної кількості, що кількісно відповідає 3243,3 тисячам господарств.

2. Залежність розміру земельної ділянки, потужності двигуна мотоблока і ширини захвату фрезерного культиватора.

Розмір ділянки, га	Потужність двигуна, кВт	Ширина захвату культиватора, м
до 0,2	2,6	0,6
до 0,6	2,9	0,8
до 1,0	3,7 – 4,4	0,9
1,0 – 4,0	6,6 – 8,8	1,0
Понад 4,0	Використання мотоблока не ефективне	Використання мотоблока не ефективне

Висновок. В результаті проведених досліджень встановлено, що забезпечення господарств населення мобільними енергетичними засобами не перевищує 7,8% від їх загальної кількості, при цьому МЕЗ з колісною формулою 2К2 (мотоблоки і мотокультиватори) ефективно можуть використовуватися щонайменше у 3243,3 тисячах господарств з урахуванням можливості підвищення ефективності їх використання шляхом проведення відповідних науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, що може скласти напрями подальших наукових розвідок з даного напряму.

Список літератури

1. *Гонтарев Е. П*. Обоснование кинематической схемы, параметров и режимов переключения коробки передач мотоблока с изменяемым межцентровым расстоянием. Дисс… канд. техн.. наук 05.05.03 / *Е. П. Гонтарев.* – Челябинск, 2002. – 129 с.

2. *Овсянников С. И.* Повышение тягово-сцепных свойств мотоагрегатов путем применения трансформируемых движителей / *С. И. Овсянников* // Електронний ресурс: режим доступу – http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/Vsntu/mashin /2012_135/2012_135/135_46.pdf.

3. *Паніна В. В.* Обгрунтування трансміссії малогабаритного машинного агрегату для фермерських господарств : автореф. дис… канд. техн. наук 05.22.02 / *В. В. Паніна*. – Х.: Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-т, 2005. – 19 с.

4. *Скойбеда А. Т.* Колесно-шагающие движители для транспортного средства высокой проходимости / *А. Т. Скойбеда, В. Н. Жуковец* // Теоретическая и прикладная механика: междунар. науч.-техн. сборник БНТУ. – Минск, 2013. – Вып. 28. – С. 228–233.
5. *Евграфов В. В.* Динамика и управление движением колесных роботов / Автореф. дисс… канд. физ.-мат. наук 05.02.01 / *В. В. Евграфов*. – М., 2008. – 15 с.
6. *Механико*-эргономическое обоснование средств малой механизации сельскохозяйственных работ: автореф. дисс. докт. техн. наук 05.20.01 / *Н. Д. Келлер*. – М., 2000. – 63 с.
7. *Мясищев Д. Г.* Обоснование структуры и параметров лесохозяйствен-ной системы машин на основе мобильных средств малой механизации: дисс. докт. техн. наук 05.21.01 / *Д. Г. Мясищев*. – С-Пб., 2005. – 350 с.
8. *Овсянников С. И.* Исследование силового управляющего взаимодействия в подсистеме «оператор-человек» / *С. И. Овсянников, А. Г. Марчишак* // Електронний ресурс: Режим доступу http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/Vkhdtusg/2012_123/st%204.pdf.
9. *Подрубалов М. В.* Совершенствование виброзащиты оператора транспортного мотоблока в системе малой механизации лесохозяйственной и лесопарковой деятельности: автореф. дисс. канд. техн. наук 05.21.01 / *М. В. Подрубалов*. – М., 2012. – 18 с.
10. *Булгаков В. М.* До питання стійкості мотоблока при роботі на схилах / *В. М. Булгаков, М. В. Усенко* // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2010. – Вип. 94. – С. 294–297.
11. *Усенко М. В*. Елементи теорії стабілізуючого пропелерного пристрою / *М. В. Усенко* // Електронний ресурс: режим доступу http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/nvnau_apk/2010_144_5/10umv.pdf.
12. *Купряшкин В. Ф.* Повышение эффективности функционирования самоходной малогабаритной почвообрабатывающей фрезы оптимизацией конструктивно-технологических параметров: дис… канд. техн. наук 05.20.01 / *В. Ф. Купряшкин*. – Саранск, 2011. – 220 с.
13. *Паніна В. В.* Обгрунтування трансміссії малогабаритного машинного агрегату для фермерських господарств: автореф. дис… канд. техн. наук 05.22.02 / *В. В. Паніна*. – Х.: Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-т, 2005. – 19 с.
14. *Прокопьев А. Ф.* Повышение эффективности лесотранспорта на участках рубок ухода в молодняках европейского севера: автореф. дисс… канд. техн. наук 05.21.01 / *А. Ф. Прокопьев*. – Архангельск: - 2009. – 19 с.
15. *Ружьев В. А.* Разбрасыватель для мотоблока в технологическом процессе внесения удобрений / *В. А. Ружьев, М. В. Николаев* // Развитие АПК в свете инновационных идей молодых учених. Сб науч. Трудов. – С-Пб.: С-Пб. гос. аграр. универ. – 2012. – С. 248–251.
16. *Масло І. П*. Вдосконалення експлуатації машинно-тракторного парку / *І. П. Масло, М. І. Грицишин, М. Ф. Терещук* та ін. – К.: Урожай, 1991. – 176 с.
17. *Сільське* господарство України. Статистичний збірник 2014 / Відп. за вип. *О. М. Прокопенко*. Електронний ресурс: Режим доступу https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/2015/zb/09/zb_sg_14pdf.zip.
18. *Овсянніков С.* Сільськогосподарські домогосподарства України: проблеми і перспективи / *С. Овсянніков* // Техніка і технології АПК. – 2014. – №12. – С. 16–20.
19. *Україна* в цифрах у 2014 році / За ред. *І. М. Жук*. Електронний ресурс: Режим доступу https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/2015/zb/07/zb_Uz14_uk.zip.

20. *Мотоблок.* Електронний ресурс: Режим доступу https://ru.wikipedia.org/wiki/Мотоблок.

Аннотация. *Изложено результаты анализа целесообразности использования в сельскохозяйственном производстве энергосредств с колесной формулой 2К2 с учетом характеристик хозяйств, их материально-технического оснащения и вклада в валовую продукцию сельского хозяйства.*

Ключевые слова: ***мобильное энергетическое средство, малогабаритное, колесная формула 2К2, использование, целесообразность, сельскохозяйственное производство***

Annotation. *The results of the analysis of the feasibility of using in agricultural production power means with the wheel formula 2W2 into account the characteristics of farms, their material and technical equipment and contribution to the gross output of agriculture.*

Key words: ***mobile power means, small-sized, wheel formula 2W2, use, expediency, agricultural production***

УДК 621.3.001

АНАЛІТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИН ДЛЯ ЛІСОТЕХНІЧНИХ РОБІТ

О. О. Налобіна, доктор технічних наук
Національний університет водного господарства та природокористування

Анотація. *В статті розглянуті особливості аналітичних підходів до системність відновлення працездатності машин для лісотехнічних робіт.*

Ключові слова: ***відновлення, працездатність, лісова машина***

Постановка проблеми. Якщо галузь прогнозування віденовлення технічного стану машин для лісотехнічних робіт, як причинно-наслідкового моделі має L рівнів, то для параметра (L-1) - го Рівня коефіцієнт динамічності матиме значення $D^{L-1} = S^L \cdot D^L$ і аналогічно $D^{L-2} = S^{L-1} D^{L-1} = S^{L-1} S^L D^L$:

$$D^N = D^L \prod_{L}^{N+1} S^m, \qquad (1)$$

© О. О. Налобіна, 2016

де: $m = L, L-1, L-2, ..., N+1.$

Формула (1) дає можливість простежити послідовність впливу параметрів по деякому одному шляху від нижчого до вищого рівня.

Якщо параметр Π_{ci}^{N} залежить від n параметрів-причин ($N+1$) - го рівня, то для кожної пари зв'язків $\Pi_c\left(\Pi_{nk}^{N+1}\right)$, де $k-1,2,...,n$, можуть бути знайдені значення коефіцієнтів динамічності:

$$D_i = S_{ki} D_k . \qquad (2)$$

Аналіз останніх досліджень. Сумарний вплив всіх параметрів-причин ($N+1$)-го рівня на параметр-наслідок N-го рівня виражається формулою [1]:

$$D_i = \sum_{1}^{n} S_{ki} D_k , \qquad (3)$$

З формули (3) неважко також зауважити, що для визначення залежності параметра вищого рівня від часу немає необхідності досліджувати цю залежність безпосередньо [2, 3]. Достатньо лише визначити коефіцієнти динамічності параметрів-причин нижчого рівня та не допустити істотних прорахунків у визначенні переліку цих параметрів-причин [4].

Результати досліджень. Крім основного коефіцієнта динамічності, кожен параметр має ще й часткової коефіцієнт динамічності d, Що показує ту частину зміни параметра вищого рівня (в нашому випадку – індикаторної потужності) у часі, яка вноситься дією даного параметра. Пайовий коефіцієнт динамічності будь-якого параметра має розмірності коефіцієнта динамічності параметра вищого рівня. Формула для підрахунку коефіцієнта динамічності має вигляд:

$$d_i = D_i \prod_{i}^{2} S^k , \qquad (4)$$

де D_i – власний коефіцієнт динамічності i-го параметра; S^k – Передавальні коефіцієнти параметрів ланцюжка від i-го до I-го рівня.

Основною властивістю пайової коефіцієнта динамічності є те, що він дозволяє визначити найбільш слабка ланка (параметр) даного механізму за ознакою максимального впливу на зміну параметра I-го рівня, тобто по максимуму пайової коефіцієнта.

Ще однією кількісною характеристикою причинно-наслідкового моделі є коефіцієнт впливу, що представляє собою твір передавальних коефіцієнтів на послідовній ланцюжку від нижчого до вищого рівня: $\beta_i = \prod_{i}^{1} S^k$.

Коефіцієнт впливу може мати різні значення на різних шляхах впливу даного параметра на параметр вищого рівня. Шляхів впливу може бути від одного до декількох десятків, як наприклад, у параметра «Зазор між коромислом і стрижнем клапана» (для одного циліндра двигуна), що має 23 різних шляхи впливу на величину індикаторної потужності. У розрахунку повинен використовуватися сумарний коефіцієнт впливу по всіх шляхах впливу.

Знак коефіцієнта впливу може бути позитивним, так і негативним, причому, на різних шляхах впливу коефіцієнта може бути різним і лише при підсумовуванні остаточно визначається знак коефіцієнта впливу.

Перераховані вище характеристики причинно-наслідкового моделі дають можливість вирішувати цілий ряд важливих практичних завдань. На деяких з цих завдань ми зупинимося нижче, але перш розглянемо одну особливість зміни коефіцієнта динамічності параметра нижнього рівня в процесі експлуатації об'єкта, на яку вказав у своїх роботах В. М. Міхліна. Мова йде про те, що величина параметра нижнього рівня в загальному випадку в силу ряду причин змінюється в часі нелінійно. Спостерігаються лінійні залежності є лише окремими випадками загальної залежності, описуваної елементарної статечної функцією типу:

$$\Pi = at^b, \qquad (5)$$

де: t – поточний час; a – коефіцієнт, що характеризує масштаб залежності; b – показник, постійний для даного типу сполучення.

Продифференцировав вираз (5) за часом, отримаємо загальний вираз для коефіцієнта динамічності параметра:

$$D = abt^{b-1}. \qquad (6)$$

Маючи в своєму розпорядженні експериментальними даними про величини коефіцієнтів a і показників b параметрів нижнього рівня, користуючись причинно-наслідкового моделлю можна визначити показники залежностей від часу параметрів вищих рівнів, у тому числі і параметра першого рівня (основного сигналу). Використавши наявні експериментальні дані нами отримані значення показників ступеня для всіх параметрів, що входять в дану модель. Деякі з них наведені в табл. 1.

Використовуючи причинно-наслідковий модель, можна встановити граничні значення параметрів нижніх рівнів, задавшись граничним зміною параметра першого рівня. Поставивши собі зменшенням циліндричної індикаторної потужності за 1000 годин роботи, ми визначили, на яку величину зміняться за цей же період параметри нижніх рівнів. Деякі результати цього розрахунку наведені в табл. 2.

1. Значення показників ступеня, отримані розрахунком причинно-наслідкового моделі.

Найменування параметрів	Значення показника b
Фази газорозподілу	1,16
Тиск кінця випуску газів	1,13
Тиску кінця всмоктування	1,98
Циклонна подача палива	1,09
Кут початку впорскування палива	1,25
Дисперсність розпилювання палива	1,05
Пневматична щільність циліндра	1,86
Показник політропи стиснення	1,39
Тиску кінця стиснення	2,00
Показник політропи розширення	1,93
Тиск кінця горіння палива	1,37
Індикаторна потужність двигуна	1,88

2. Значення змін параметрів за 1000 год, отримані розрахунком причинно-наслідкового моделі.

Найменування параметрів	Зміна параметрів
Циклова подача палива	-7,02%
Кут початку впорскування палива	-1,0%
Тиск початку уприскування	-40%
Натяг ременя вентилятора	-52,5%
Зазор в механізмі газорозподілу	+0,16 Мм
Засміченість повітроочисника	+ 200%
Утопання клапанів	+0,056 Мм
Знос кулачків розподільного вала	+0,14 Мм
Знос по товщині зуба розподільної шестерні	+0,055 Мм
Знос підшипників розподільного валу	+0,27 Мм
Засміченість водяного радіатора	+ 0,5%
Збільшення шару накипу в сорочці	+0,2 Мм
Знос деталей розпилювача	+ 48%
Зміна жорсткості пружин регулятора	-2%

Аналіз даних табл. 2 вказує на найбільш слабкі місця системи «Двигун». Проведення подібного розрахунку дозволяє досить обгрунтовано встановлювати допустимі і граничні значення параметрів стану механізму. При цьому, звичайно, всебічно повинно бути обгрунтовано заданий зміна параметра першого рівня. На закінчення розглянемо, як причинно-наслідковий модель допомагає встановити оптимальну періодичність регулювальних і інших робіт, спрямованих на часткове або повне відновлення працездатності механізму. Як уже зазначалося вище, на зміну основного вихідного сигналу впливає одночасно і незалежно один від одного дві групи параметрів стан: регульовані і нерегульовані.

Запропонуємо, що відновлення номінальних значень регульованих параметрів відбувається одночасно. З початку експлуатації до моменту першої регулювання величина основного вихідного сигналу змінюється по деякому закону: $П_1 = a_1 t_{i_1}^{b_1}$, де t_{i_1} – поточний час в першому періоді.

Зміни, що вносяться до величину $П_1$ параметрами першої групи, можна виразити аналогічним законом:

$$П_р = a_р t_{i_1}^{b_р}, \tag{7}$$

а параметрами другої групи - подібною ж формулою:

$$П_н = a_н t_{i_1}^{b_н}. \tag{8}$$

Відповідно коефіцієнти динамічності основного вихідного сигналу і двох груп параметрів-причин мають вигляд:

$$D_1 = \frac{dП_1}{dt} = a_1 b_1 t_{i_1}^{b_1 - 1}, \tag{9}$$

$$D_1 = \frac{dП_р}{dt} = a_р b_р t_{i_1}^{b_р - 1}, \tag{10}$$

$$D_1 = \frac{dП_н}{dt} = a_н b_н t_{i_1}^{b_н - 1}. \tag{11}$$

Отже, в початковий період: $П_1 = П_р + П_н$, $D_1 = D_р + D_н$.

Після того, як була проведена перша регулювання всіх регульованих параметрів одночасно і їх значення були відновлені до нормальних, величина зміни параметра вищого рівня буде рівна лише частці зміни, внесеної групою нерегульованих параметрів за час t_1: $П_1 = П_н$.

Для групи регульованих параметрів з моменту регулювання відлік часу починається з нуля, через що група регульованих параметрів у другому періоді вносить зміни у величину $П_1$ по колишньому закону: $П_р = a_р t_{i_2}^{b_р}$, $D_р = a_р b_р t_{i_2}^{b_р - 1}$.

У той же час група нерегульованих параметрів змінюється відповідно до формулами: $П_н = a_н (t_1 + t_{i_2})^{b_н}$, $D_н = a_н b_н (t_1 + t_{i_2})^{b_н - 1}$, де t_1 – тривалість першого періоду; t_{i_2} – поточний час між першою і другою регулювання. У зв'язку з цим

$$П_1 = П_р + П_н = a_р t_{i_2}^{b_р} + a_н (t_1 + t_{i_2})^{b_н};$$

$$D_1 = D_р + D_н = a_р b_р t_{i_2}^{b_р - 1} + a_н b_н (t_1 + t_{i_2})^{b_н - 1}.$$

Описаний процес відбуватиметься і в наступних періодах між регулюваннями, тому в загальному вигляді в період m величина

зміни параметра вищого рівня і його коефіцієнт динамічності складуть:

$$\Pi_1 = a_p t_{i_m}{}^{b_p} + a_н (\sum_1^{m-1} t_k + t_{l_m})^{b_н}, \tag{12}$$

$$D_1 = a_p b_p t_{i_m}{}^{b_p - 1} + a_н b_н (\sum_1^{m-1} t_k + t_{l_m})^{b_н - 1}. \tag{13}$$

Так як регулювання по потребі проводиться лише в момент, коли Π_1 одно граничного зміни $\Pi_1^{\text{пред}}$, То величина періоду до наступної регулювання визначається з умови:

$$\Pi_1^{\text{пред}} = a_p t_m{}^{b_p} + a_н (\sum_1^{m-1} t_k + t_m)^{b_н}. \tag{14}$$

Для розрахунків за формулою (17) можуть бути використані розрахункові значення a_p, b_p, $a_н$ і $b_н$, Одержувані в результаті причинно-наслідкового аналізу об'єкта, або ці ж значення, уточнені в період експлуатації об'єкта.

Величина t_m, що представляє собою прогноз роботи об'єкта після регулювання до моменту досягнення граничного значення зміни параметра вищого рівня, підраховується за формулою:

$$t_m = \left[\frac{\Pi_1^{\text{пред}}}{a_p (1+z)} \right]^{\frac{1}{b_p}}. \tag{15}$$

Тут

$$z = \frac{a_н \left[t_s^{b_н} - (\sum_1^{m-1} t_k) \right]^{b_н}}{a_p (t_s - \sum_1^{m-1} t_k)^{b_p}}. \tag{16}$$

У формулі (16) t_s – значення часу від початку експлуатації, при якому $\Pi_н$ досягає значення $\Pi_1^{\text{пред}}$. Аналіз формули (16) показує, що з наближенням значення $\sum t_k$ до t_s величина z зростає, що свідчить про постійне зростання ролі нерегульованих параметрів у формуванні технічного стану об'єкта за умови, якщо регульовані параметри будуть всі одночасно відновлюватися до номінальних значень. У момент, коли подальша регулювання параметрів першої групи вже не приносить потрібного результату. Виникає необхідність у відновленні номінальних значень і параметрів другої групи, що досягається шляхом проведення ремонтних операцій.

Висновок. Можна вказати, що прогнозування цілком реально на основі причинно-наслідкового аналізу і для нього нами отримані прості розрахункові формули, що оптимізують прогнозований період за критеріями мінімуму збитків, пов'язаних з простоями об'єкта і заміною зношених деталей, а також за критерієм максимуму виробленої або переданої механізмом енергії.

Список літератури

1. *Налобіна О. О.* Ресурсно-діагностична модель прогнозування технічного стану машин для лісотехнічних робіт / *О. О. Налобіна* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2015. – Вип. 212, ч. 1. – С. 242–346.
2. http://market-pages.ru/osnocen/21.html.
3. http://www.dissercat.com/content/issledovanie-i-razrabotka-sistem-tekhnichesko go-obsluzhivaniya-i-remonta-mashin-khimicheskoi.html.
4. http://www.multipsychometr.ru/articles/articles_16.html.

Аннотация. *В статье рассмотренные особенности аналитических подходов к системность восстановления трудоспособности машин для лесотехнических работ.*

Ключевые слова: ***восстановление, трудоспособность, лесная машина***

Annotation. *In paper the considered features of analytical approaches to systemacity of restoration of working capacity of mashines for forestry works.*

Key words: ***restoration, working capacity, forest mashine***

УДК 502:504

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

М. Ф. Калівошко, кандидат сільськогосподарських наук

Анотація. *Розроблені та рекомендовані технічні рішення щодо недопущення надходження паливно-мастильних матеріалів в грунт, підземні грунтові води та довкілля. Конструктивно протифільтраційні грунтові (глинисті) екрани та екрани з використанням поліетиленових плівок укладаються на попередньо підготовлений природний грунт, що знижує клас небезпек нафтопродуктів для природного середовища.*

© М. Ф. Калівошко, 2016

Ключові слова: ***нафтопродукти, грунтовий (глинистий) екран, екран з поліетиленової плівки, паливно-мастильні матеріали, екологія, довкілля, небезпека***

Постановка проблеми. Із всього великого вибору небезпек нафтопродуктів, зупинимось на тих, які безпосередньо впливають на екологічну ситуацію в випадку потрапляння їх в грунти сільськогосподарського виробництва. Нафтопродукти відносяться до числа найбільш розповсюджених речовин, які забруднюють навколишнє середовище. Крім вуглеводів у них містяться киснево-, сірко- та азотомісткі з'єднання. Забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами вже давно привертало увагу вчених-гігієністів [2, 6].

Аналіз останніх досліджень. Нафтопродукти були в числі перших сторонніх хімічних інгредієнтів, допустимий вміст яких у водному середовищі стало вивчатися і регламентуватися [1, 3, 4]. Ще на початку XX ст. під керівництвом Г. В. Хлопіна, у зв˙язку з масовим забрудненням нафтопродукт-тами річок, були проведені перші експериментальні дослідження щодо вивчення впливу їх на організми. Через декілька днів після потрапляння нафтопродуктів в воду та в водні розчини грунтів , в результаті хімічного і біологічного розкладу, утворюються інші розчинні складові, внаслідок окислення вуглеводів, токсичність яких значно вища. Притому газоподібні вуглеводні потрапляючи в атмосферу, проходять ряд хімічних перетворень, які приводять до утворення небажаних продуктів, котрі обумовлюють фотохімічний смог [5]. Нафтопродукти та продукти їх перетворень при потраплянні в грунт, подібно токсикантам, негативно діють на мікроорганізми, вищі рослини і мікроскопічні грунтові тварини.

Мета досліджень. Виходячи з того, що всі об˙єкти сільськогосподарського виробництва мають склади паливно-мастильних матеріалів , чи то певні місця де можливе потрапляння на них нафтопродуктів, загроза забруднення грунтів та грунтових вод паливно-мастильними матеріалами досить висока. При потраплянні нафтопродуктів в грунтові води вони можуть переноситись на значні площі та віддалі,Що завдає значної шкоди екології довкілля. Метою наших досліджень було розробка технічних заходів щодо захисту земельних ділянок від потрапляння в них нафтопродуктів.

Результати досліджень. Технічне рішення щодо зниження негативного впливу нафтопродуктів на грунти та підземні води повинно включати: зменшення кількості нафтопродуктів, що може потрапити в довкілля; облаштування земляних протифільтраційних

екранів; рекультивацію земель, що зазнали забруднення. Зменшення кількості нафтопродуктів, що може потрапити на грунти та в довкілля досягається організаційними заходами, технічним удосконаленням машин, механізмів, їх вузлів тощо.

Не допустити забруднення нафтопродуктами, при їх проливанні, грунтів, грунтових підземних вод та довкілля в значній мірі можна облаштуванням земляних протифільтраційних екранів, які досить ефективні.

З цією метою ми вивчали ефективність використанн: грунтових (глинистих) екранів, рис. 1; екранів з використанням поліетиленових плівок, рис. 2.

Вивчалась ефективність екранів різної товщини з глини та важких глинистих грунтів щодо їх ефективності при потраплянні на грунт паливно-мастильними матеріалами.

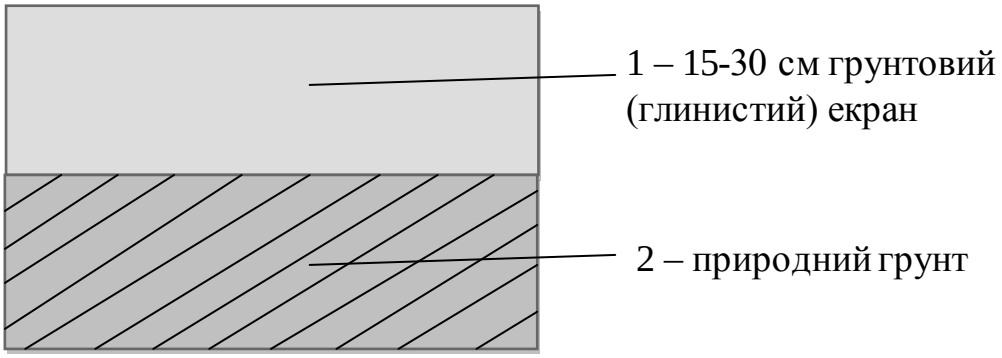


Рис. 1. Глинистий екран: 1 – грунтовий (глинистий) екран; 2 – природний грунт.

Аналіз грунтових екранів різної товщини показує, що якщо на попередньо підготовлений грунт укласти шар глини чи важких глинистих грунтів (вміст глинистих часток не менше 30%) шаром в 15 – 30 см, обробивши хлоридом натрію і кулачковими котками, то коефіцієнт фільтрації таких грунтів не перевищує 10 см, що практично унеможливлює проникненню нафтопродуктів в грунтові води. Протифільтраційні екрани із таких слабо проникаючих глин чи глинистих грунтів доцільно використовувати в такому випадку, коли в районі зберігання і використання нафтопродуктів є глинисті грунти, які характеризуються значною проникаючою властивістю.

Протифільтраційні екрани з поліетиленових плівок доцільно використовувати в таких випадках: якщо в районі використання складів паливно-мастильних матеріалів; відсутні глинисті грунти, придатні для облаштування екранів; при ускладненні з укладанням глинистого грунту в екран, обумовлених кліматичними і виробничими умовами; при облаштуванні складів паливно-матеріалів матеріалів на легких грунтах з високим коефіцієнтом фільтрації.

Для створення протифільтраційного екрану рекомендується використовувати стабілізовану поліетиленову плівку, яка характеризується такими властивостям: щільність – не менше 0,92 г/см³; руйнівне напруження при розтяжці – 14 МПа; відносне подовження при розриві – 350%; висока морозостійкість – 60%.

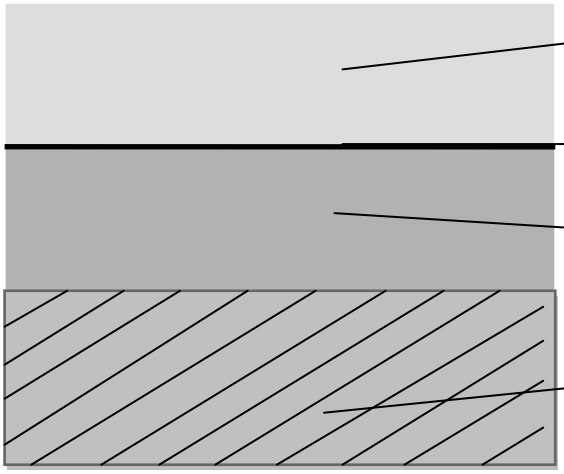


Рис. 2. Екран з поліетиленовою плівкою: 1 – захисний шар грунту не більше 50 см; 2 – поліетиленова плівка; 3 – 20 см підсилюючий шар; 4 – природний грунт.

Таким чином, облаштування земельних протифільтраційних екранів дає змогу не допустити проникнення нафтопродуктів в грунт, грунтові води та негативно впливати на довкілля.

Висновок. При будівництві складів паливо-мастильних матеріалів, а також склади ПММ, які експлуатуються на сільськогосподарських об˙єктах, слід облаштовувати земляними протифільтраційними екранами.

Список літератури

1. *Арбузова Ф. Ф.* Боротьба з втратами нафти і нафтопродуктів при їх транспортуванні та зберіганні : монографія / *Ф. Ф. Арбузова, Н. С. Бронштейн, В. Ф. Новоселова.* – К.: Наукова думка, 2011. – 248 с.
2. *Амосова Я. М.* Охрана почв от химического загрязнения : монография / *Я. М. Амосова, Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова.* – М.: МГУ, 2005. – 175 с.
3. *Бузмаков С. А.* До впливу нафтопромислів на рослинний і тваринний стан Полісся. Мир / *С. А. Бузмаков, І. В. Ладигін* // Геоекол. аспекти господарювання здоров˙я і відпочинку : Матеріали міжнародної наукової конференції. – К., 2010. – Ч. 1. – С. 201–205.
4. *Киреєв Н. А.* Мікробіологічні процеси в нафто забруднених грунтах : монографія / *Н. А. Киреєв.* – К.: Наукова думка, 2005. – 209 с.
5. *Киреєв Н. А.* Вплив забруднення грунтів нафтопродуктами на чисельність та видовий склад мікромицетов / *Н. А. Киреєв, В. В. Водоп˙янов* // Почвоведение. – 2005. – №2. – С. 211–216.
6. *Фесенко М. М.* Попередження забруднення грунті нафтопродуктами / *М. М. Фесенко* // Екологія в нафтогазовій промисловості. – 2009. – № 1. – С. 24–31.

Аннотация. *Разработаны и рекомендованы технические решения по недопущению поступления горюче-смазочных материалов в почву, подземные грунтовые воды и окружающей среды. Конструктивно противофильтрационные грунтовые (глинистые) экраны и экраны с использованием полиэтиленовых пленок заключаются на предварительно подготовленный природный грунт, снижает класс опасности нефтепродуктов для природной среды.*

Ключевые слова: ***нефтепродукты, почвенный (глинистый) экран, экран из полиэтиленовой пленки, горюче-смазочные материалы, экология, окружающая среда, опасность***

Annotation. *Developed and recommended technical solutions to prevent the flow of fuel and lubricants in the soil, groundwater groundwater and the environment. Structurally antifiltration soil (clay) screens and screens using polyethylene films are placed on pre-prepared natural soil, reducing the hazard class petroleum products to the environment.*

Key words: ***petroleum products, soil (clay) shield, shield of*** *polyethylene* ***film, fuel and lubricants, ecology, environment, danger***

УДК 631.33

ЗАСТОСУВАННЯ ОБ'ЄМНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ДОЗУВАННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Ю. В. Косовець, аспірант*

Анотація. *Проведено аналіз сучасного стану та тенденції розвитку засобів контролю і підтримки норм витрати рідини в засобах для внесення рідких мінеральних добрив.*

Ключові слова: ***рідкі мінеральні добрива, дозування, змінні норми внесення***

Постановка проблеми. Внесення добрив у рідкій формі має певні економічні та технологічні переваги впорівняні з гранульованими та порошкоподібними, тому увага до рідких добрив зростає з кожним роком. Результати досліджень і виробнича практика свідчать про вищу економічну ефективність рідких добрив.

***Науковий керівник – член-кор. НААН Д. Г. Войтюк**

© Ю. В. Косовець, 2016

Засоби, призначені для обробітку ґрунту з одночасним внесенням мінеральних рідких добрив, дозволяють поєднувати технологічні операції і тим самим зменшувати експлуатаційні затрати за технологією. У суміші з ними можливо ефективне застосування мікроелементів, гербіцидів і інсектицидів, які вводяться безпосередньо в рідкі добрива.

Водночас ефективне використання такої технології можливе лише за умови застосування сучасних засобів внесення, які забезпечують високу точність дозування та,що не менш важливо, можливість застосування змінних норм внесення. Тому питання розробки дозуючого пристрою, який відповідатиме цим вимогам є актуальним.

Аналіз останніх досліджень. Ефективність внесення добрив залежить від точності дозування препаратів і рівномірності їх розподілу по оброблюваній площі, тобто від підтримки встановленої норми витрати. Швидкість переміщення агрегату, зміна тиску рідини в гідросистемі обприскувача в процесі роботи, зміни проточних характеристик розпилювачів в результаті їх зносу, а також в'язкість і температура робочої рідини впливають на точність дозування рідини. У обприскувачах і спеціалізованих агрегатах для внесення рідких добрив витрата в одиницю часу, як показують вимірювання, в несприятливих випадках через неточний вибір швидкості руху та її коливань може давати відхилення по витраті на ± 30% [1].

Був проведений аналіз технологічної операції дозування рідких добрив та технічних засобів для їх внесення. Існуючі методи дозування рідини, можна умовно розділити на три основних: підтримання постійного тиску рідини в напірній магістралі агрегату; синхронізація витрати робочої рідини і швидкості руху агрегату; контроль дійсної витрати рідини [1–3].

Перший спосіб використовується на неавтоматичних обприскувачах і реалізується двома типами регуляторів: з дроселем і зворотним клапаном; і з гідравлічним поділом потоків пропорційно режиму роботи насоса.

Другий спосіб можна реалізувати за допомогою пристроїв з регулюванням витрати від ВВП, від ходового колеса агрегату та застосуванням електронних систем. Цей спосіб відноситься до регуляторів без зворотного зв'язку. До третього способу відносяться регулятори зі зворотним зв'язком. При третьому способі, відхилення витрати від заданого значення виявляється за допомогою датчика витрати і відповідно до сигналу виконавчий механізм змінює подачу робочої рідини. При регулюванні за допомогою дроселя і зворотного клапана, сталість тиску забезпечується за допомогою регулювального клапана 3, рис. 1. Регульований клапан 3 відводить

частину рідини, що нагнітається насосом 1, в зливний трубопровід, по якому рідина повертається в бак 2, таким чином підтримуючи сталий тиск у системі. Фіксуючи тиск манометром 4, за допомогою спеціальних таблиць визначають витрату рідини на 1 га площі при використанні визначеного розпилювача і заданій швидкості руху обприскувача. При регулюванні витрати гідравлічним поділом потоків, системи мають у своїй гідравлічній схемі трубопровід, який відводить частину рідини в бак. У трубопроводах встановлюються дросельні пристрої для калібрування каналу, по якому відбувається повернення робочої рідини в бак при певній нормі витрати. В якості дроселів, залежно від конструкції, використовують змінні дросельні шайби, вентилі з регульованою пропускною здатністю або регульовані крани. Цей метод має свої недоліки: забезпечується сталість витрати робочої рідини на одиницю площі тільки при зміні швидкості пересування і частоти обертання ВВП в невеликих межах, при цьому мають місце значні зміни тиску.

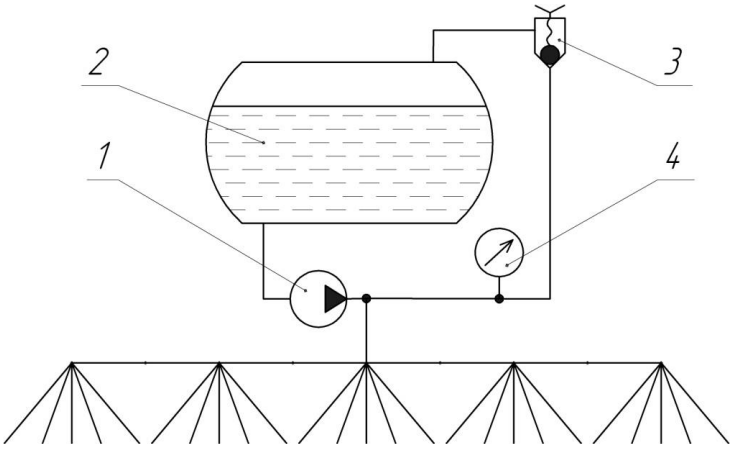


Рис. 1. Схема пристрою регулювання за допомогою дроселя і зворотного клапана.

Ця система представляє інтерес для компенсації незначних змін витрати рідини, в межах ± 10% [2]. Системи автоматичного регулювання з синхронізацією витрати робочої рідини і швидкості руху обприскувача відрізняються великою різноманітністю [4–9].

Французька фірма «Caruelle» запатентувала пристрій з гідравлічним приводом дросельної заслінки в переливній магістралі обприскувача від ходового колеса, яке забезпечує пропорційність витрати в залежності від швидкості руху, рис. 2. Робоча рідина насосом подається в корпус регулятора 1 через вхідний канал 2 і далі до робочих органів. Між входом і виходом 4 регулятора 1 знаходиться тарільчастий клапан 3, відкриття якого визначає витрату при даному тиску. Зазор між сідлом і клапаном регулюється штоком 5, пов'язаним з гідромеханізмом 6, і залежить від

поступальної швидкості обприскувача. Масляний насос 16 пов'язаний через зубчасту передачу або варіатор 15 з ходовим колесом 14 обприскувача. Масло, що нагнітається цим насосом, проходить через дросель 8, а тиск, що створюється перед дроселем, є функцією витрати і, отже, швидкості обертання ходового колеса 14. Тиск масла в корпусі гідромеханізму 6 діє на мембрану 7 і викликає відповідний зсув штока 5. Витрата (норма витрати на 1 га) регулюється зміною опору дроселя 8 голкою 9 з гвинтовим механізмом подачі 11 і покажчиком 12. Різні в'язкості розчинів компенсуються зміщенням шкали покажчика 12, яка змонтована на повзуні 13, що має покажчик налаштування 10. Шкала покажчика настройки також може зміщуватися відповідно до типу застосовуваних розчинів і тим самим компенсувати випадкові чинники. Також відомий пристрій рис. 3 [10], що складається з звужуючої діафрагми 1, встановленої в магістралі подачі до розпилюючих робочих органів після регулюючого елемента 2 і трикамерного регулятора тиску 3, в якому камери 4 і 5 розділені мембраною 6, а камера 7 обмежена жорсткими стінками і мембраною 8. Обидві мембрани закріплені на загальному штоку 9, який важелем з'єднаний з регулюючим елементом 2.

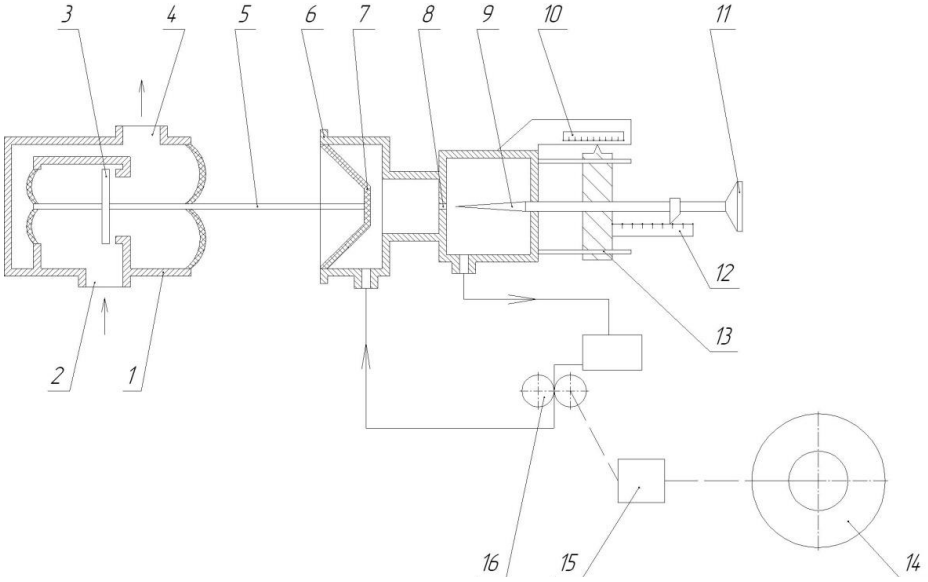


Рис. 2. Схема пристрою регулювання насосом з приводом від ходового колеса.

У пристрій також входить гідравлічний відцентровий регулятор з крильчаткою, яка приводиться в рух від ходового колеса 12 машини. Оскільки рух рідини через відцентровий регулятор з крильчаткою не відбувається, то створюване цією крильчаткою тиск пропорційний частоті обертання колеса. Відповідно регулятор 11 є вимірником частоти обертання колеса 12. Корпус регулятора 11

з'єднаний з баком 13 для рідини. Камера 4 регулятора тиску 3 каналом 14 з'єднана з дросельною порожниною звужуючоїся діафрагми 1, а камера 5 каналом 15 з'єднана з задросельною порожниною цієї діафрагми. Камера 7 з'єднана з порожниною відцентрового регулятора 11. Канали 14 і 15 з'єднані регульованим дроселем 16.Описуваний пристрій працює таким чином.

При роботі машини насос 17 подає рідину з бака 13 до розпилюючих робочих органів. Продуктивність цього насоса трохи перевищує норму внесення. Тому частина рідини повинна бути відведена, назад в бак 13. Здійснюється це за допомогою регулюючого елемента 2. Подана до розпилюючих робочих органів робоча рідина проходить через дроселюючу діафрагму 1. При цьому створюється деякий перепад тиску, який пропорційний фактичній витраті рідини. Під дією перепаду тиску, на діафрагмі 1 і тиску, створюваного крильчаткою, регулятора 1 шток 9 приймає певне положення, відкриваючи при цьому на необхідну величину регулюючий елемент 2.Якщо швидкість машини або подача рідини змінюється, то рівновага тисків порушується. Шток переміщається і змінює настройку регулюючого елемента 7. Так, зі зростанням робочої швидкості ступінь відкриття регулюючого елемента збільшується, що викликає збільшення витрати рідини в одиницю часу. Це необхідно для збереження норми внесення рідини на одиницю площі поля.

При повній зупинці машини рівновага штока 9 можлива тільки за відсутності перепаду тиску на дроселюючій діафрагмі 1, а це означає повне вимкнення подачі. Для задання необхідної витрати рідини на одиницю площі поля використовується регульований дросель 16. Повне його закриття відповідає максимальній нормі внесення рідини, повне відкриття – мінімальній.

Дані типи регуляторів прості за схемою виконання; але мають істотні недоліки: відсутність контролю заданої витрати і неможливість оперативного його регулювання; знос, засмічення, корозія. В результаті чого з часом, можливі значні похибки в роботі регулятора.

Мета досліджень. Покращити ефективність внесення рідких мінеральних добрив для технологій змінних норм внесення.

Результати досліджень. Виходячи з аналізу останніх досліджень, як най перспективним було б використання об’ємного способу дозування. Застосування об’ємних принципів забезпечує лінійність характеристик, зручність дистанційного управління, обліку протікання кількості рідини. Крім того, такі системи можуть бути уніфіковані, при великій надійності вони повністю герметичні без застосування сальників, прості у виготовленні і експлуатації.

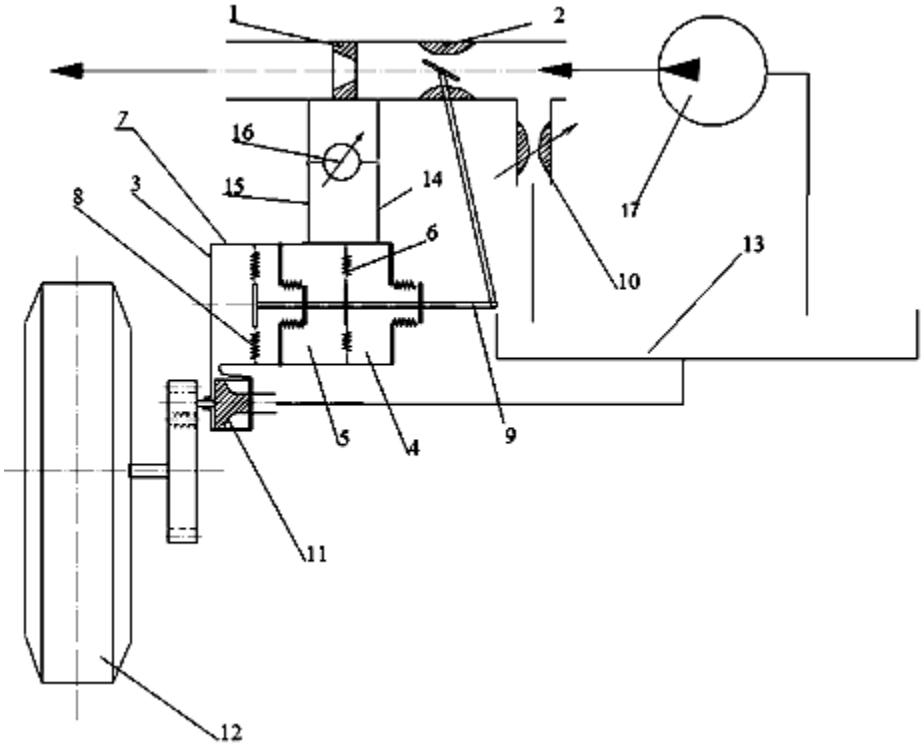


Рис. 3. Гідравлічна схема дозуючого пристрою.

Виходячи з вищесказаного як найперспективнішим напрямком було обрано принцип об’ємного дозування і створено систему дозування об’ємної дії представлену на рис. 4.

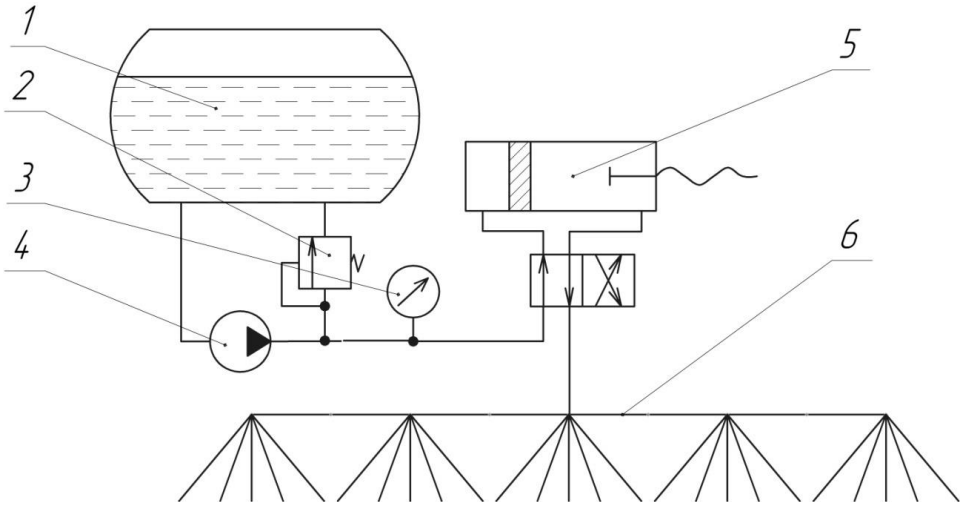


Рис. 4. Функціональна схема роботи системи дозування.

Дозуюча система складається з баку для технологічних рідин 7, робочий тиск рідини створюється насосом 4. Продуктивність насоса вибирається виходячи з необхідної максимальної норми внесення, яку повинна забезпечити система дозування. При роботі дозуючої системи на режимах менших від максимальної норми внесення, частина технологічної рідини відводиться назад у бак зворотнім

клапаном 2. Контроль робочого тиску в системі здійснюється манометром 3. Дозування потоку рідини до центральної магістралі 6 розпилювачів, здійснюється дозатором об'ємної дії 5, принцип роботи дозаторів даного типу докладно описаний в [11, 12].

Висновок. Проведений аналіз технологічних операцій дозування рідин та технічних засобів для їх внесення виявив, що широко використовуваний нині метод дозування підтриманням постійного тиску рідини в напірній магістралі агрегату майже вичерпав всі можливості по підвищенню точності дозування і в подальшому буде не взмозі задовольнити дедалі більш зростаючі вимоги по точності дозування. Виходячи з вищесказаного як найперспективнішим напрямком було обрано принцип об'ємного дозування і створено дозатор об'ємної дії.

Список літератури

1. *Validated* 2-D diffusion-advection model for prediction of drift from ground boom sprayers / K. Baetens [etc.] // Atmospheric environment. – 2011. – Vol. 43. – P. 1674–1682.

2. *Ямников Ю. А.* Современное состояние и тенденции развития средств контроля и автоматического поддержания норм расхода препаратов в машинах для химической защиты растений [обзор] / *Ю. А. Ямников, В. В. Логин, Б. Ф. Шпилевская*. – М.: ЦНИИТЭИтракторсельхозмаш, 1980. – Вып. 10. – 42 с.

3. *Назаров Н. Н.* Дозирование жидких агрохимикатов / *Н. Н. Назаров* // Сельский механизатор. – 2012. – № 1. – С. 10.

4. *А.с.* 491041 СССР, МПК^5 G 01 G 13/28 Автоматический дозатор жидкости непрерывного действия / *В. Д. Трахтенберг, Ю. Д. Виденеев*. − № 1937947/IS-10 ; заявл. 02.07.1973; опубл. 05.11.1975, Бюл. №41.

5. *А.с.* 884648 СССР, МПК^5 А 01 М 7/00. Опрыскиватель с автоматическим регулированием расхода жидкости / *Ю. Н. Ямников, Б. Ф. Шпилевская*. − № 2888400/30-15 ; заявл. 29.02.1980; опубл. 30.11.1981, Бюл. №44.

6. *А.с.* 906478 СССР, МПК^5 А 01 М 7/00. Устройство для регулирования расхода рабочей жидкости / *Г. А. Дундуа*. − № 2995344/30-15 ; заявл. 24.10.80 ; опубл. 23.02.82, Бюл. № 7.

7. *А.с.* 1037901 СССР, МПК^5 А 01 М 7/00. Автоматическое дозирующее устройство опрыскивателей сельскохозяйственных культур / *В. А. Мельников, Э. А. Юрченко*. − № 3005381/30−15 ; заявл. 13.08.80 ; опубл. 30.08.83, Бюл. № 32.

8. *А.с.* 1340705 СССР, МПК^5 А 01 М 7/00. Автоматическое дозирующее устройство опрыскивателя / *И. С. Пороубаймих, Ф. И. Златопольский*. − № 4057721/30-15 ; заявл. 17.04.86 ; опубл. 30.09.87, Бюл. № 36.

9. *Пат*. на корисну модель 77260 Україна, МПК А 01 М 7/00. Пристрій для автоматичного регулювання витрати робочої рідини / *В. Я. Коваль, С. М. Щукін* ; заявник та патентовласник Луган. нац. аграр. ун-т. – №u201208048; заявл. 02.07.2012; опубл. 11.02.2013; Бюл. №3. – 4 с.

10. *А.с.* 762826 СССР, МПК^5 А 01 М 7/00. Устройство для автоматического регулирования расхода ядохимикатов / *Л. А. Борошок*. − № 1755578/30−15 ; заявл. 18.04.79 ; опубл. 15.09.80, Бюл. № 34.

11. *Збірник* тез доповідей ІІ-ї міжнародної наукової конференції «Інноваційний розвиток аграрної сфери» (19-21 березня 2015 р.) / НДІ техніки, енергетики та інформатизації АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2015. – С. 7–9
12. *Гуревич Л. Л.* Импульсные системы автоматического дозирования агрессивных жидкостей / *Л. Л. Гуревич, М. В. Соколов*. – М.: Энергия, 1973. – 112 с.

Аннотация. *Проведен анализ современного состояния и тенденции развития средств контроля и поддержания норм расхода жидкости в средствах для внесения жидких минеральных удобрений.*

Ключевые слова: ***жидкие минеральные удобрения, дозировка, сменные нормы внесения***

Annotation. *The analysis of the current state and trends of controls and maintaining standards in the mass flow rate for liquid fertilizer.*

Key words: ***liquid fertilizers, dosing, variable application rate***

УДК 674.047

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ В РОЗВ'ЯЗКАХ РІВНЯННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ТЕРМООБРОБКИ ЗЕРНОМАТЕРІАЛІВ

Р. А. Калініченко, докторант*

Анотація. *Розроблено методику визначення теплофізичних коефіцієнтів в розв'язках рівняння теплопровідності при граничних умовах ІІІ роду за експериментальними даними кінетики нагрівання зернівки.*

Ключові слова: ***термообробка зерна, теплофізичні коефіцієнти, апроксимація, розподіл температури***

Постановка проблеми. В технологічних процесах післязбиральної обробки зерна провідне місце займає термообробка. Теплова обробка зерна дозволяє не тільки забезпечити збереження якості зібраного зерна, а і в процесі післязбиральної термообробки її підвищити [1]. Розвиток, вдосконалення та інтенсифікація процесів теплової обробки

***Науковий консультант – доктор технічних наук В. П. Ковбаса**

© Р. А. Калініченко, 2016

базуються на теорії теплопровідності складовою частиною якої є знання та аналіз теплофізичних властивостей зерноматеріалів – як об'єктів термообробки для вибору методів і оптимальних режимів процесу і на цій основі – до створення раціональної конструкції апаратів. Тобто, раціональне використання аналітичних математичних моделей теорії теплопровідності на практиці вимагає знання властивостей різних зерноматеріалів, які піддаються термообробці, а саме теплофізичних властивостей та їх кількісних характеристик [2]. Термічне сушіння і охолодження зерна – два найбільш розповсюдженні способи післязбиральної термообробки зерна, які здійснюються, у переважній більшості випадків, конвективним теплообміном. При використанні теорії теплопровідності [3] для моделювання конвективного теплообміну між зерноматеріалом і оточуючим середовищем потрібно мати конкретні для кожного випадку значення теплофізичних коефіцієнтів зерна: *a* – температуропровідності і λ – теплопровідності. Крім їх мати значення коефіцієнта теплообміну α. Величина коефіцієнта теплообміну залежить від природи нагріваючого або охолоджуючого середовища, температури і циркуляції середовища, температури поверхні зернівки, тому цей коефіцієнт найбільш складно визначати. Тому в розв'язках рівнянь теплопровідності математичні співвідношення з коефіцієнтом теплообміну замінюють критеріальними залежностями, зокрема критерієм Біо:

$$Bi = \frac{\alpha R}{\lambda}, \qquad (1)$$

де: α – коефіцієнт теплообміну між зернівкою і зовнішнім середовищем, λ – коефіцієнт теплопровідності зернівки, R – еквівалентний радіус зернівки. Критерій Біо характеризує теплообмін між зернівкою і середовищем при конвективній теплопередачі і може бути визначений із критеріальних емпіричних залежностей [4].

Аналіз останніх досліджень. Для визначення теплофізичних коефіцієнтів *a* – температуропровідності і λ – теплопровідності існують два основні підходи. Перший (традиційний) – експериментальне визначення теплофізичних характеристик відомими методами, що базуються на вирішенні крайових задач теплопровідності [5]. Другий – аналітичне визначення теплофізичних характеристик на основі теоретичних уявлень про механізмі переносу теплоти в модельних структурах, характерних для реальних твердих тіл і дисперсних систем [6].

Але наявні в літературі [2, 7–9] дані по теплофізичним характеристикам зерноматеріалів отримані за переліченими

методами суттєво відрізняються, причому різниця в значеннях може досягати 50%.

Тому **метою** наших **досліджень** було розробити методику визначення теплофізичних коефіцієнтів в розв'язках рівняння теплопровідності (для випадку конвективного теплообміну) при мінімально можливих для цього ресурсних затратах і максимально простих експериментальних дослідженнях, що з достатньою точністю дозволять ідентифікувати процеси теплової обробки зерноматеріалів.

Результати досліджень. Форму зернівки приймемо у вигляді кулі (що особливо актуально для бобових культур), еквівалентний радіус якої, визначаємо, як радіус кулі, що має об'єм рівний об'єму середньої (за масою) частинки:

$$R_e = \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\pi}} \quad , \tag{2}$$

де: $V = G / n \cdot \rho_m$ – об'єм однієї зернівки; *G* і *n* – відповідно маса довільної наважки зернівок і кількість зернівок в наважці, ρ_m – середня густина зернівок.

Теплообмін між зернівкою і середовищем розглядаємо за законом конвекції. Отримаємо задачу теплообміну при граничних умовах III роду. Запишемо диференціальне рівняння теплопровідності для кулі:

$$\frac{\partial t(R,\tau)}{\partial \tau} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t(r,\tau)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial t(r,\tau)}{\partial r} \right) . \tag{3}$$

Початкові і граничні умови для конвективного теплообміну такі:

$$-\frac{\partial t(R,\tau)}{\partial r} + H\left[t_c - t(R,\tau)\right] = 0, \quad \frac{\partial t(0,\tau)}{\partial r} = 0, \quad t(0,\tau) \neq \infty, \quad t(r,0) = f(r) . \tag{4}$$

Задача охолодження кулі за законом конвекції при початковому розподілі температури t*(r,0)=f(r)* при граничних умовах III роду буде мати рішення [2]:

$$t(r,\tau) - t_c = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2\mu_n}{\mu_n - \sin(\mu_n)\cos(\mu_n)} \cdot \frac{\sin(\mu_n \frac{r}{R})}{r \cdot R} \int_0^R r \cdot f_1(r) \sin(\mu_n \frac{r}{R}) dr \cdot e^{-\mu_n^2 \cdot \frac{a \cdot \tau}{R^2}} , \tag{5}$$

де: $f_1(r)$ – певна функція, що визначається із співвідношення:

$$f_1(r) = f(r) - t_c \tag{6}$$

де: t_c – температура оточуючого середовища (повітря).

Якщо температура зернівки в початковий момент часу не залежить від r:

$$t(r,0) = f(r) = t_0 = const \tag{7}$$

то інтеграл у формулі (5) може бути знайденим і вона запишеться у вигляді:

$$t(r,\tau)-t_c=(t_0-t_c)\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2(\sin(\mu_n)-\mu_n\cos(\mu_n))}{\mu_n-\sin(\mu_n)\cos(\mu_n)}\cdot\frac{\sin(\mu_n\frac{r}{R})}{r\cdot\mu_n}e^{-\mu_n^2\cdot\frac{a\cdot\tau}{R^2}}. \quad (8)$$

У формулах (5), (8) μ_n визначається з характеристичного рівняння:

$$ctg(\mu)=\frac{1-Bi}{\mu}. \quad (9)$$

Для визначення зміни середньої температури зернівки скористаємося заліжністю:

$$\bar{t}(\tau)=\frac{3}{R^3}\int_0^R r^2 t(r,\tau)dr. \quad (10)$$

Якщо підставити (8) в (10) і тригонометричні функції замінити через μ_n і критерій Біо відповідно до характеристичного рівняння (9) то після інтегрування отримаємо [2]:

$$\bar{t}(\tau)=t_c+(t_0-t_c)\sum_{n=1}^{\infty}\frac{6Bi^2}{\mu_n^2(\mu_n^2+Bi^2-Bi)}e^{-\mu_n^2\cdot\frac{a\cdot\tau}{R^2}}. \quad (11)$$

Зміну середньої температури зернівки за часом (кінетику охолодження чи нагрівання) нескладно визначити експериментально. Для використання експериментальних точок визначеної кінетики охолодження (нагрівання) зернівки в процесі пошуку невідомих теплофізичних коефіцієнтів (*a* – температуропровідності і критерію Біо) в рівнянні (11) за алгоритмом Левенберга-Макварда, апроксимуємо емпіричними залежностями розв'язки $\mu_1-\mu_6$ трансцендентного рівняння (9). Чисельні розв'язки рівняння (9) отримувались у математичному пакеті Mathcad 14, рис. 1.

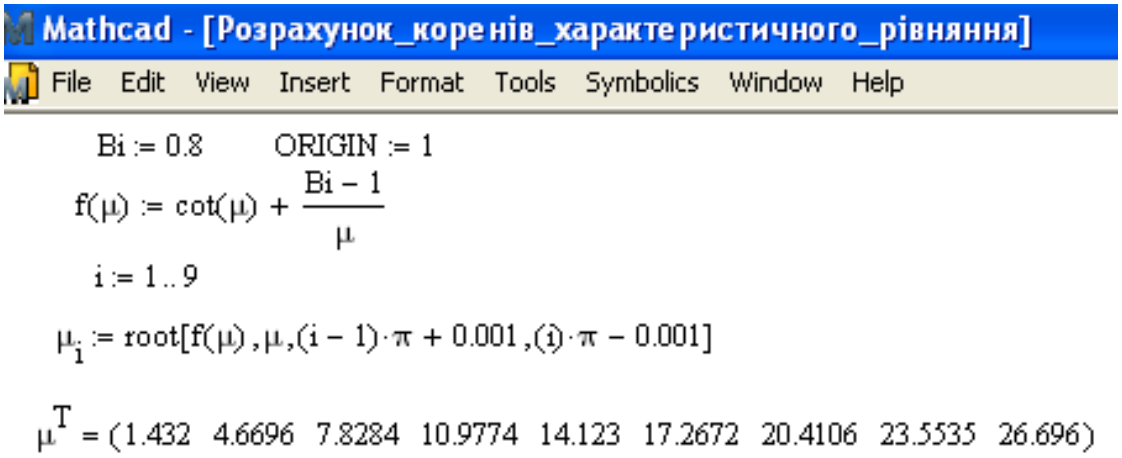


Рис. 1. Визначення коренів характеристичного рівняння (9) в математичному пакеті Mathcad.

Для μ_1 після проведених числових експериментів з різними апроксимуючими математичними структурами в пакеті Statistica 10 визначена емпірична залежність з найвищим рівнем множинної кореляції (R=0,99981) виду:

$$\mu_1 = b_0 + b_1 Bi + b_2 Bi^{b_3} \quad , \qquad (12)$$

де: коефіцієнти: b_0= –0,090821, b_1= –0,27041, b_2= –1,924477, b_3=0,461608, Bi=0,02÷10,5. Графічна ілюстрація проведеної апроксимації наведена на рис. 2.

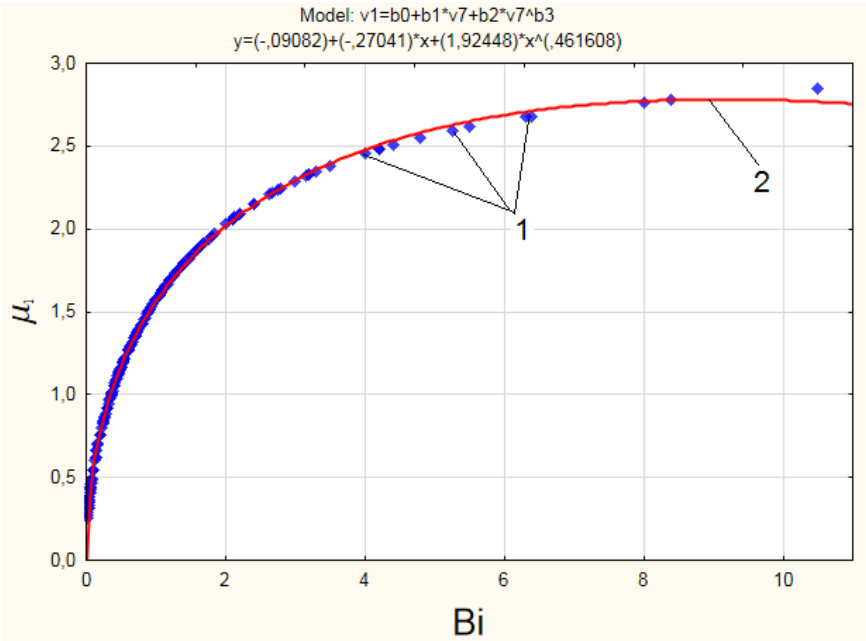


Рис. 2. Графічна ілюстрація апроксимації (♦ – 1 – точки в яких значення μ_1 є чисельними розв'язками рівняння (9), 2 – графік апроксимуючої залежності (12)).

Для $\mu_2 - \mu_6$ апроксимуючі залежності від критерію Біо визначимо у вигляді поліному другого степеня:

$$\mu = b_0 + b_1 Bi + b_2 Bi^2 . \qquad (13)$$

Значення коефіцієнтів залежності (13) визначалися у пакеті Statistica 10 і наведені у табл. 1.

1.

μ	b_0	b_1	b_2	R (коефіцієнт множинної кореляції)
μ_2	4,49427	0,228132	-0,0108	0,9998
μ_3	7,72303	0,136715	-0,00428	0,9999
μ_4	10,90255	0,09611	-0,00206	0,9999
μ_5	14,06520	0,07373	-0,00112	0,9999
μ_6	17,22012	0,05973	-0,00067	0,9999

Визначені залежності $\mu_1 - \mu_6$ від *Bi* підставимо в залежність (11) і за допомогою вбудованої функції genfit у математичному пакеті Mathcad, що реалізовує алгоритм Левенберга-Маквардта, визначимо значення *Bi* та *a* при яких залежність (11) буде найбільш точно описувати набір заданих експериментальних точок. Початкові апріорні приблизні значення *a* і *Bi* для заданих технологічних параметрів процесу нагріву (охолодження) беремо з літературних джерел. Екранний фрагмент розрахунків *a* і *Bi* за формулами (11) – (13) в пакеті Mathcad зображено на рис. 3.

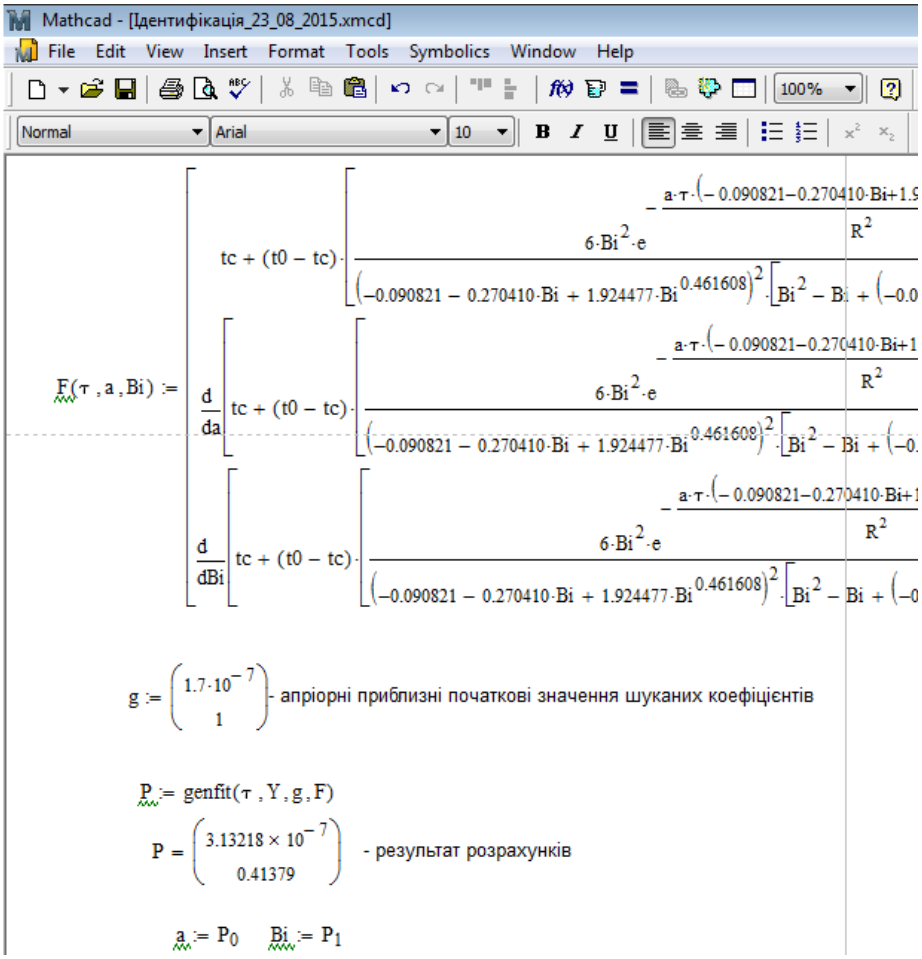


Рис. 3. Екранний фрагмент реалізації функції genfit у математичному пакеті Mathcad для визначення коефіцієнту температуропровідності *a* і критерію *Bi*.

Підставляючи отримані значення *a* і *Bi* у формулу (11) отримаємо аналітичну залежність зміни температури зернівки, рис. 4. Якщо у формулу (11) підставити отримане значення коефіцієнта температуропровідності – *a*, а замість Bi підставити залежність (1) то за наведеною методикою можна знайти коефіцієнти λ – теплопровідності зернівки і α – теплообміну між зернівкою і зовнішнім середовищем, рис. 5.

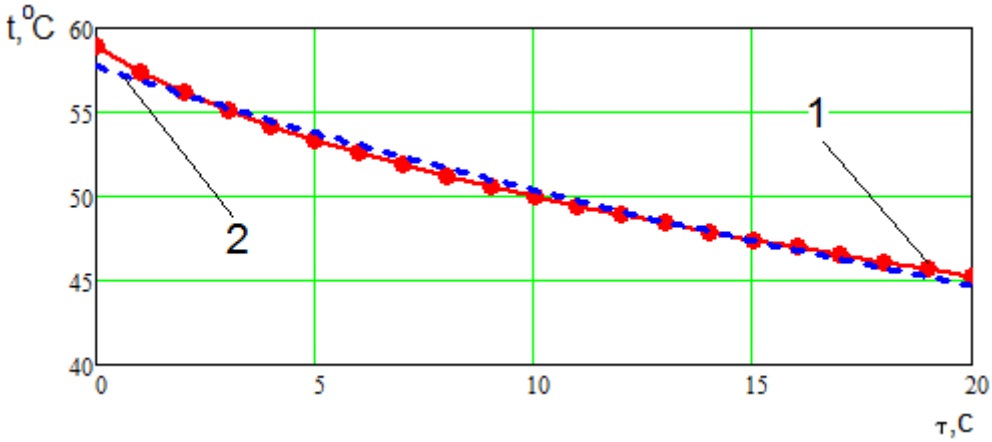


Рис. 4. Зміна середньої температури зернівки (1 – експериментальні дані, 2 – аналітична крива отримана за формулою (11)).

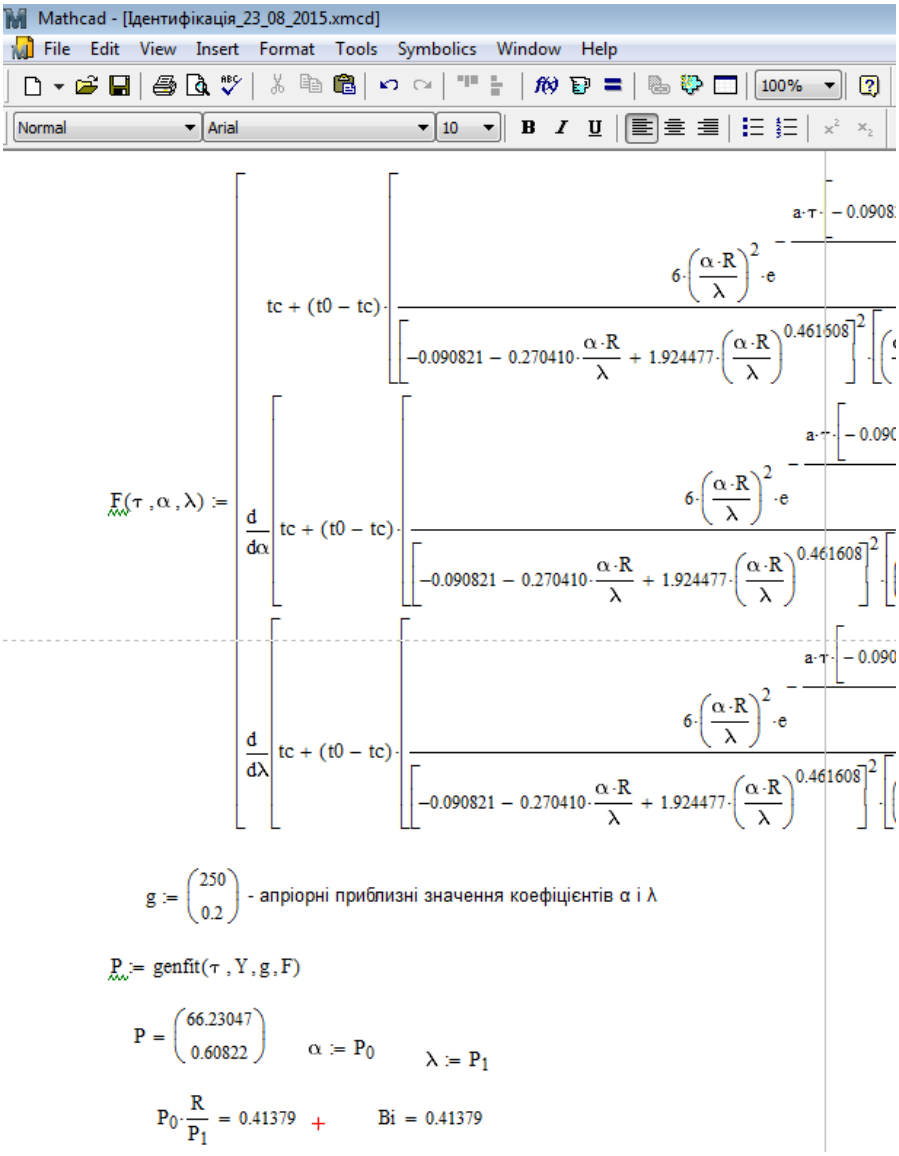


Рис. 5. Екранний фрагмент реалізації функції genfit у математичному пакеті Mathcad для визначення коефіцієнтів теплопровідності – λ і теплообміну – α.

Маючи визначені теплофізичні коефіцієнти за наведеною методикою знайдемо температурне поле зернівки в процесі охолодження за формулами (8), (12), (13) рис. 6 і рис. 7.

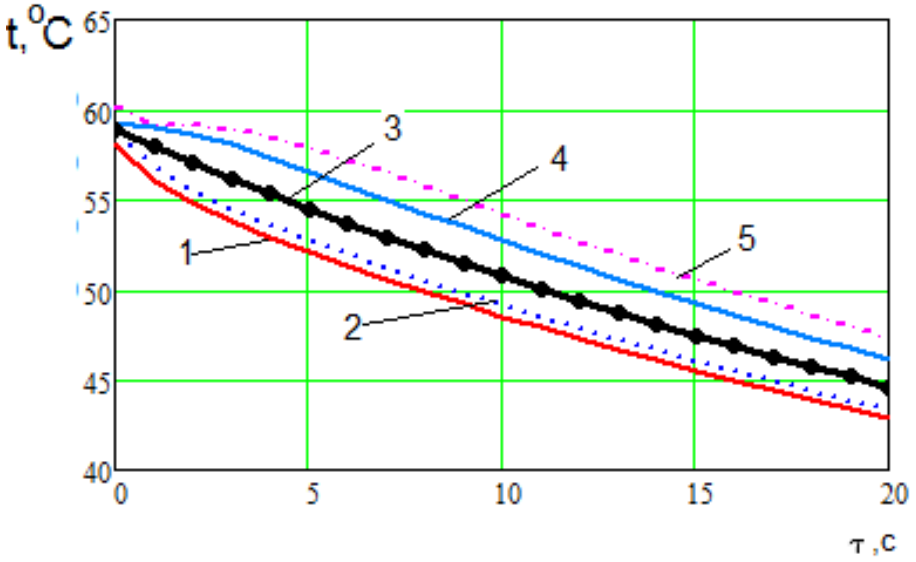


Рис. 6. Розподіл температури в зернівці в процесі охолодження (1 – R=0.0038 м – поверхня зернівки, 2 – R=0.0036 м, 3 – середня температура зернівки, 4 – R=0.0019 м, 5 – R=0.0001 м – центр зернівки).

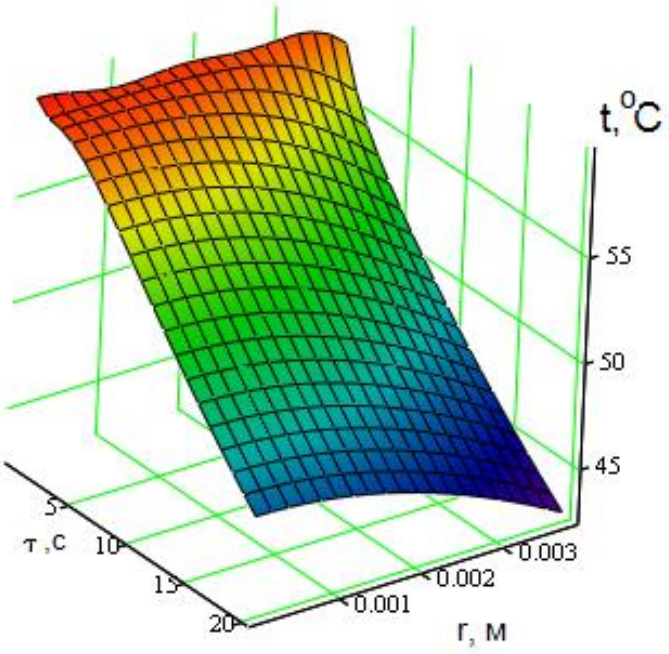


Рис. 7. Температурне поле зернівки.

Висновки

Отримана методика визначення теплофізичних коефіцієнтів у розв’язках рівнянь теорії теплопровідності дозволяє ідентифікувати

експериментально-аналітичним методом процеси термообробки зерноматеріалів з достатньою точністю для інженерних розрахунків.

Використання у розрахунках теплових процесів аналітичних математичних моделей дозволяє застосовувати ці моделі для широкого спектру зерноматеріалів і умов проведення термообробки.

Список літератури

1. *Курдюмов В. И.* Тепловая обработка зерна в установках контактного типа : монография / *В. И. Курдюмов, А. А. Павлушин, Г. В. Карпенко, С. А. Сутягин*. – Ульяновск: УГСХА им. *П. А. Столыпина*, 2013. – 290 с.
2. *Гинзбург А. С.* Теплофизические характеристики пищевых продуктов / А. С. Гинзбург, М. А. Громов, Г. И. Красовская. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 288 с.
3. *Лыков А. В.* Теория теплопроводности / *А. В. Лыков*. – М.: Высшая школа, 1967. – 599 с.
4. *Муштаев В. И.* Сушка дисперсных материалов / *В. И. Муштаев, В. М. Ульянов*. – М.: Химия, 1988. – 352 с.
5. *Алексашенко А. А.* Общий метод оценки погрешностей определения теплофизических характеристик из приближенных решений / *А. А. Алексашенко* // Труды VI Всесоюзн. конф. по теплофиз. свойствам веществ. – Минск, 1978. – С. 69–70.
6. *Колпащиков В. Л.* Теоретические исследования теплофизических свойств на основе термодинамической теории / *В. Л. Колпащиков, А. И. Шнип* // Труды VI Всесоюзн. конф. по теплофиз. свойствам веществ. – Минск, 1978. – С. 69–70.
7. *Бобкова Н. А.* Исследование теплофизических свойств зерна / *Н. А. Бобкова* // Автореф. дис… канд. техн. наук. – М., 1956. – 18 с.
8. *Герчесов Б. А.* Теплофизические свойства зерна пшеницы в зависимости от влажности / *Б. А. Герчесов, Т. Н. Серых* // Изв. ВУЗов. Пищевая технология. – 1977. – №1. – С. 150–151.
9. *Старовойтов В. Н.* Исследование теплофизических свойств зерна пленчатых крупяных культур с целью оптимизации гидротермической обработки на крупозаводах / *В. Н. Старовойтов* // Автореф. дис… канд. техн. наук. – М., 1978. – 27 с.

Аннотация. *Разработана методика определения теплофизических коэффициентов в решениях уравнения теплопроводности при граничных условиях III рода экспериментальных данных кинетики нагрева зерновки.*

Ключевые слова: ***термообработка зерна, теплофизические коэффициенты, аппроксимация, распределение температуры***

Annotation. *Developed method of determining the physical characteristics in the heat equation with boundary conditions of three kinds of experimental data of kinetics of heating caryopses.*

Key words: ***heat treatment of grain, thermal coefficients, approximation, temperature distribution***

УДК 631.3:62-192

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАЧІ КОРМІВ

А. В. Новицький, кандидат технічних наук

Анотація. *Проведено дослідження динаміки зміни показників надійності засобів для приготування і роздачі кормів. Отримана аналітична залежність для визначення ймовірності безвідмовної роботи системи в період погіршення технічного стану машини і зниження професійного та психофізіологічного рівня оператора.*

Ключові слова: ***засіб, корма, надійність***

Постановка проблеми. Надійність багатоопераційних сільськогосподарських машин, як складних технічних систем залежить не тільки від досконалості їх конструкцій, але і від професійного рівня обслуговуючого персоналу. Нестабільність умов експлуатації, дія зовнішнього середовища, зниження впливу ремонтно-обслуговуючої бази на підтримку техніки в працездатному стані, погіршення технічного стану машин, професійний і психофізіологічний рівень операторів істотно ускладнюють оцінку якісних та кількісних показників надійності.

Аналіз останніх досліджень. Для системного аналізу надійності складної технічної системи «Людина – Машина» (СТС «ЛМ») з використанням математичного апарату марківських випадкових процесів, в роботах професорів І. А. Ушакова, В. І. Нечипоренко [1, 2,] запропоновано введення додаткових фіктивних станів. В результаті таких перетворень ускладнюється граф станів і переходів, проте спрощується математичний апарат їх визначення.

Як підтверджує практика, ефективна експлуатація засобів для приготування і роздавання кормів (ЗПРК) залежить не тільки від рівня надійності машин, але професійного рівня людини-оператора. В останні роки в наукових виданнях України з’явилися дослідження, в яких розглядаються: питання забезпечення надійності сільськогосподарської техніки за рахунок удосконалення системи «Машина-база технічного обслуговування» [4]; способи активного та пасивного резервування машин і окремих вузлів [3]; особливості забезпечення надійності технологічного процесу [6]. Але, як показує аналіз, в роботах не відображено вплив людського фактора на надійність техніки, не взята до уваги підсистема «людина-оператор»,

© А. В. Новицький, 2016

яка забезпечує не лише ефективне використання, але й підтримання працездатності машин.

Метою досліджень є проведення досліджень, які дозволяють визначити закономірності зміни ймовірності безвідмовної роботи ЗПРК, як СТС «ЛМ». Основними методами досліджень є математичне моделювання СТС «ЛМ» на підставі побудови розміченого графа станів, отримання стохастичних диференціальних рівнянь балансу ймовірностей.

Результати досліджень. Проблемі визначення ймовірності безвідмовної роботи ЗПРК, як СТС «ЛМ» в умовах старіння техніки і зниження професійного рівня оператора, присвячено цілий ряд досліджень. Графічний опис поведінки складної технічної системи згідно зазначених умов функціонування представлено розміченим графом в роботі [5] і відображено на рис. 1.

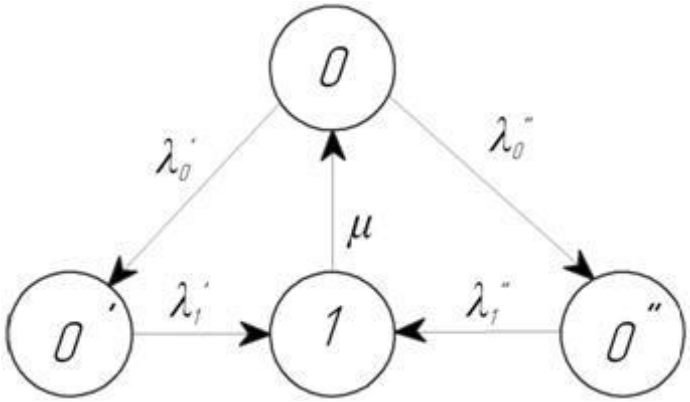


Рис. 1. Граф станів і переходів СТС «Людина – Машина».

На підставі побудованого графа для ймовірностей станів і переходів системи «ЛМ» складені диференційні рівняння динамічного балансу:

Охарактеризуємо представлений на рис. 1 граф, провівши опис станів: $P_0(t)$ – ймовірність перебування системи в працездатному стані; $P_0'(t)$ – ймовірність перебування системи в проміжному стані (фіктивне стані) – «старінні» машини; $P_0''(t)$ – ймовірність перебування системи в проміжному стані (фіктивне стані) – зниженні працездатності оператора; $P_1(t)$ – ймовірність перебування системи в непрацездатному стані; $\lambda_0', \lambda_0'', \lambda_1', \lambda_1''$ – інтенсивності відмов; μ – інтенсивності відновлень.

Рішення системи диференційних рівнянь (1), яка була отримана в [5], припускає використання перетворень Лапласа, заміну другого рівняння нормувального умовою і ряд перетворень, які дозволяють визначити невідомі відповідно правилу Крамера.

Після ряду перетворень отримана аналітична залежність для визначення ймовірності безвідмовної роботи СТС «ЛМ» в будь-який момент часу t при накопиченні пошкоджень:

$$P_0(t) = \frac{\lambda_1'\lambda_1'' + \lambda_1''\mu + \lambda_1'\mu}{S_3 S_4} +$$

$$+1 - \frac{\lambda_1'\lambda_1'' + \lambda_1''\mu + \lambda_1'\mu}{S_3 S_4.} - \frac{-(\lambda_1'' + \lambda_1' + \mu) - S_4 + \dfrac{\lambda_1'\lambda_1'' + \lambda_1''\mu + \lambda_1'\mu}{S_4}}{(S_3 + S_4)} \times$$

$$\times \exp(-S_3 t) + \frac{-(\lambda_1'' + \lambda_1' + \mu) - S_4 + \dfrac{\lambda_1'\lambda_1'' + \lambda_1''\mu + \lambda_1'\mu}{S_4}}{(S_3 + S_4)} \exp(-S_4 t). \qquad (2)$$

Значення складових S_3 і S_4 можуть бути визначені з рівнянь (5) і (6), які були розглянуті в дослідженнях [5]. Для встановлення залежності ймовірності безвідмовної роботи СТС «ЛМ» тільки від інтенсивностей відмов і інтенсивностей відновлень проведемо заміну коренів S_3 і S_4 на їх значення (5) і (6) з [5]. Виходячи з цього, після відповідних математичних перетворень в кінцевому вигляді отримаємо аналітичну залежність для визначення ймовірності безвідмовної роботи в наступному вигляді:

$$P_0(t) = \frac{\lambda_1'\lambda_1'' + \lambda_1''\mu + \lambda_1'\mu}{\lambda_0'\lambda_1' + \lambda_0''\lambda_1' + \lambda_1'\lambda_1'' + \lambda_1''\mu + \lambda_1'\mu + \lambda_0''\mu + \lambda_0'\mu}. \qquad (3)$$

Для практичної реалізації особливий інтерес представляє визначення не тільки граничних ймовірностей перебування системи в одному з станів з точки зору оцінки її надійності, але й динаміку зміни показників надійності протягом терміну експлуатації.

Нами проведено дослідження роботи засобів для приготування і роздавання кормів в умовах експлуатації на протязі 2012–2014 років. За встановлений період фіксувались напрацювання на відмову та середній час відновлення працездатності ЗПРК, розраховувались інтенсивності відмов та інтенсивності відновлень.

Використовуючи аналітичну залежність (3) та значення інтенсивностей відмов та інтенсивностей відновлень, які були отримані в умовах експлуатації, нами проведено дослідження динаміки зміни ймовірності безвідмовної роботи ЗПРК. Отримана графічна залежність динаміки зміни ймовірності безвідмовної роботи ЗПРК представлено на рис. 2. Аналіз динаміки зміни ймовірності безвідмовної роботи ЗПРК від інтенсивностей відмов показує, що більшим значенням характеризується складова «людина – оператор». Встановлено, що через 200 год роботи ЗПРК, що відповідає інтенсивності відмов 0,005 1/год, ймовірність

безвідмовної роботи оператора буде становити 0,88. В той же період ймовірність безвідмовної роботи машини буде становити 0,74.

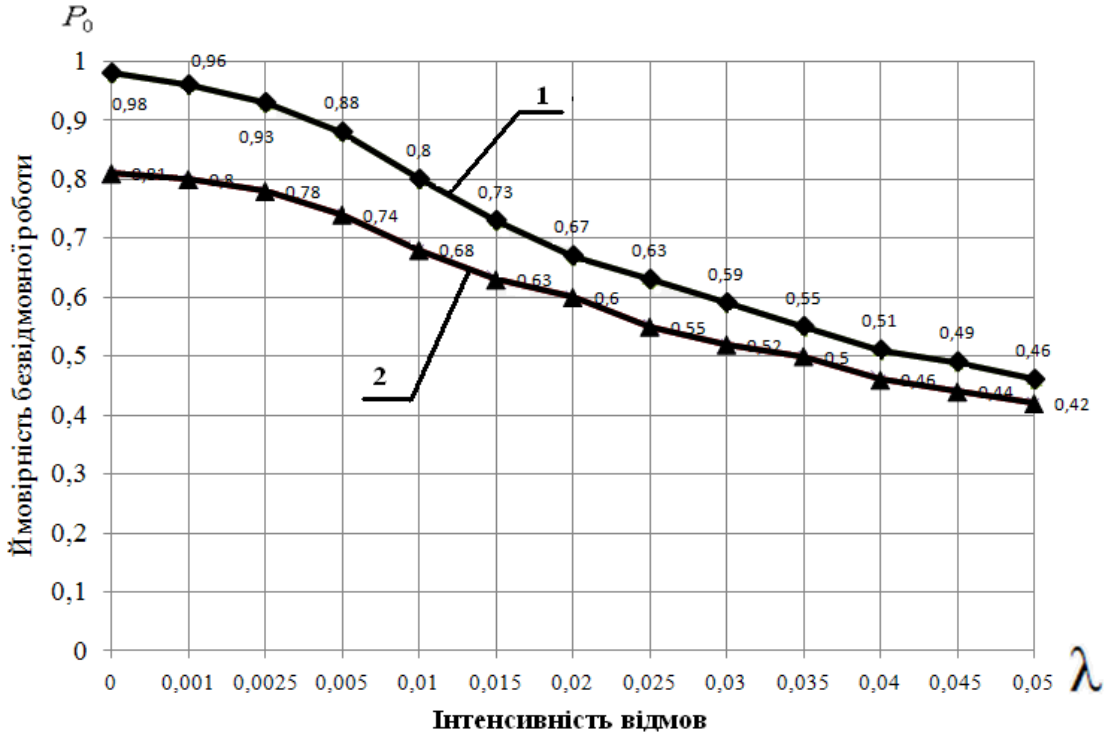


Рис. 2. Графік залежності ймовірності безвідмовної роботи ЗПРК від: 1 – інтенсивності відмов людини-оператора; 2 – інтенсивності відмов машини.

Динамічні характеристики надійності розміченого графа станів представляють корисний матеріал у відношенні вибору раціонального напрямку досліджень по забезпеченню надійності ЗПРК.

Висновок. На основі проведених досліджень отримано аналітичні залежності для визначення показників надійності ЗПРК, як СТС «ЛМ». Отримана графічна залежність дозволяє дослідити зміну ймовірності безвідмовної роботи засобу для приготування і роздавання кормів в період «старіння» машини і зниженні професійно-психофізіологічного рівня оператора.

Список літератури

1. *Нечипоренко В. И.* Структурный анализ систем (эффективности и надежности) / *В. И. Нечипоренко*. – М.: Советское радио, 1977. – 211 с.
2. *Ушаков А. И.* Курс теории надёжности систем / *А. И. Ушаков*. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.
3. *Бойко А. И.* Математическая формализация описания состояний и переходов пассивно резервируемых технических систем / *А. И. Бойко, А. В. Бондаренко, В. Н. Савченко* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х., 2013. – Вип. 133. – С. 216–220.

4. *Думенко К. М.* Встановлення функції відновлення підсистем зернозбиральних комбайнів в умовах розвитку сфери технічного обслуговування / *К. М. Думенко, А. І. Бойко* // Вісник Львівського національного аграрного університету. Агроінженерні дослідження. – Львів, 2010. – Т. 1, № 14. – С. 12–20.
5. *Новицкий А. В.* Определение вероятности безотказной работы сложной системы «человек – машина» / *А. В. Новицкий* // Третя Міжнародна науково-практична інтенет-конференція «Інновації та традиції в сучасній науковій думці». – К., 2014. – С. 19–24.
6. *Бойко А. И.* Стохастическое моделирование работы пневмомеханическая высевающего аппарата / *А. И. Бойко, А. А. Банный* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2011. – Вип. 166, ч. 1. – С. 112–118.

Аннотация. *Проведено исследование динамики изменения показателей надежности средст для приготовления и раздачи кормов. Получена аналитическая зависимость для определения вероятности безотказной работы системы в период ухудшения технического состояния машины и снижения профессионального и психофизиологического уровня оператора.*
Ключевые слова: ***средство, корма, надежность***

Annotation. *The investigation of dynamics of change of reliability indices of funds for preparation and distribution of feed. The analytical dependence for determination of probability of failure of the system during the «aging» of machine and reducing professional and psychophysical level operator.*
Key words: ***tool, feed, reliability***

УДК 631.3.02:001.57:635.2.001.4

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ ТА КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЇЇ ВИКОПУВАННЯ

Л. І. Мариніна, кандидат технічних наук

ДНУ «Український НДІ прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого»

Анотація. *У статті наведено графи технологій вирощування цибулі ріпчастої та опис експериментальної установки для викопування цієї овочевої культури.*

© Л. І. Мариніна, 2016

Ключові слова: ***цибуля ріпчаста, графи технологій, експериментальна установка, долотоподібний робочий орган, викопування***

Постановка проблеми. Головне завдання, яке стоїть перед аграрним сектором України, є забезпечення населення продовольством, у тому числі овочевою продукцією. Серед овочевих культур, площа посівів цибулі ріпчастої займає близько 14 %. Не дивлячись на спеціалізацію господарств та форми власності, працевитрати на вирощування цибулі ще великі, при цьому більше 60% ручної праці і 50% енерговитрат припадає на роботи, пов'язані із її збиранням та післязбиральною обробкою [1]. Зниження ручної праці, собівартості вирощування цибулі ріпчастої та підвищення якості зібраного урожаю можна досягти за рахунок застосування нових машин і енергозберігаючих технологій.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз останніх досліджень та публікацій свідчить про те, що створення машин для заміни ручної праці під час збирання цибулі ріпчастої є актуальним напрямом дослідження [2, 3]. Актуальність проблеми підтверджується і тим, що нею займаються і учені різних країн світу [4–6].

Мета досліджень. Проаналізувати існуючі технології вирощування цибулі ріпчастої в умовах півдня України та розробити новий ресурсозберігаючий робочий орган для викопування цибулі.

Результати досліджень. Найбільш трудомісткими операціями технології вирощування цибулі є збирання і післязбиральне доопрацювання [7, 8], оскільки збирання пов'язане з необхідністю вилучення цибулин з ґрунту і подальшою сепарацією ґрунтових та інших домішок. Цим визначається висока трудомісткість збирання цибулі, що становить 60–80% від всіх працевитрат на виробництво [9, 10]. Аналіз технічних засобів збирання цибулі ріпчастої в розвинених країнах світу показує, що механізації збирання цієї овочевої культури приділяють велику увагу. Випускається широка номенклатура причіпних та самохідних машин. Як правило, ці машини використовують по двох технологіях збирання цибулі ріпчастої:

- однофазна технологія, яка складається з наступних технологічних операцій: обрізка пера, викопування цибулин, очищення від домішок, завантаження в транспортний засіб;
- двофазна технологія, яка складається з наступних технологічних операцій: викопування і укладання у валок, механізований підбір цибулі після 10–14 днів відлежування її на полі для просушування і дозрівання.

В Україні набула поширення двофазна технологія збирання

цибулі ріпчастої, при якій після викопування цибуля залишається на полі для підсушування та дозрівання та з наступним механізованим або ручним підбором валків цибулі. На рис. 1 представлено граф можливих варіантів технологій вирощування цибулі ріпчастої.

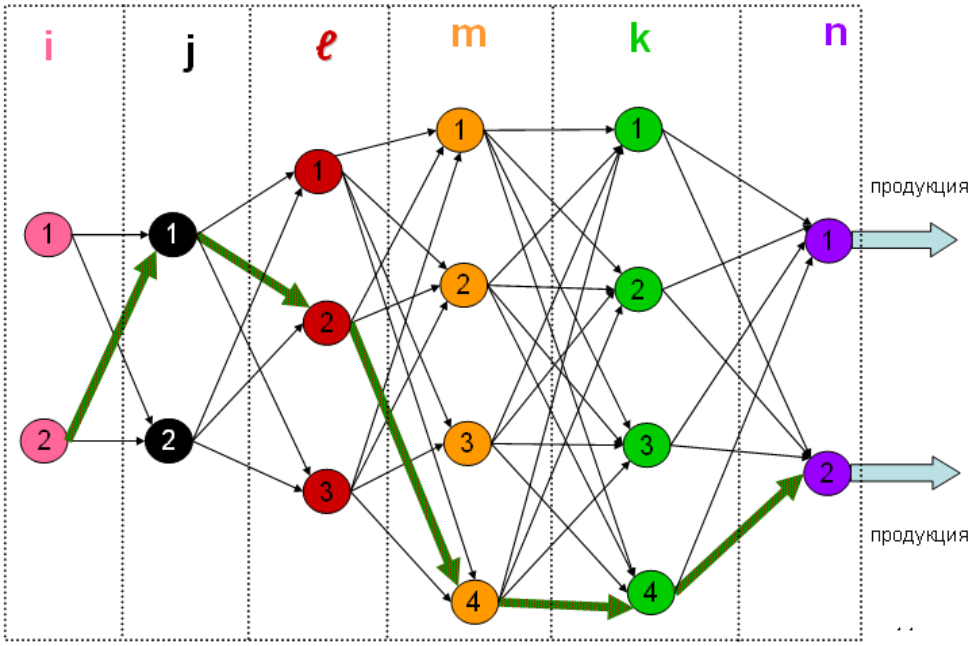


Рис. 1. Граф можливих варіантів вирощування цибулі ріпчастої.

Систематизований граф містить основні технологічні прийоми, які доцільно позначити літерами (*i, j, ℓ, m, k, n,*). Інтегруються вказані параметри наступним чином:

- *„i”* класифікація способу збирання, можлива в двох варіантах: 1 – однофазний, 2 – двохфазний;
- *„j”* технологічний спосіб збирання цибулі: 1 – викопування, 2 – теребіння;
- *„ℓ”* схема посівів, варіанти виконання: 1 – стрічковий; 2 – на грядах; 3 – суцільний рядковий;
- *„m”* спосіб забезпечення вологою: 1 – природний фон; 2 – полив по борознам; 3 – полив дощуванням; 4 – крапельне зрошення;
- *„k”* обрізка пера: 1 – перед збиранням; 2 – під час збирання; 3 – під час підбору і завантаження в транспортний засіб; 4 – після збирання на стаціонарних лініях очистки;
- *„n”* спосіб зберігання продукції: 1 – короткотривале зберігання; 2 – довготривале зберігання.

Так, технологія, що виділена на рис. 1 ($i2 \rightarrow j1 \rightarrow \ell 2 \rightarrow m4 \rightarrow k4 \rightarrow n2$) означає: двофазний спосіб збирання ($i2$), викопуванням ($j1$), схема посівів – на грядах ($\ell 2$), вирощування цибулі з використанням крапельного зрошення ($m4$), обрізка пера здійснюється на

стаціонарних лініях очистки (*k*4), зберігання продукції планується довготривале (*n*2).

Технології механізованого збирання цибулі передбачають такі технологічні операції як обрізка пера, викопування, укладання у валок або завантаження цибулі в транспортний засіб. Виходячи з цього, можуть бути і різні варіанти технологій збирання цибулі ріпчастої і в залежності від того, яка вибрана технологія із представлених, граф можливих технологій вирощування цибулі ріпчастої та наявної сільськогосподарської техніки для її реалізації:

• **I** – Обрізка пера → викопування і вкладання у валок → підбір і завантаження в транспортний засіб;

• **II** – Обрізка пера → викопування і завантаження в транспортний засіб;

• **III** – Викопування і вкладання у валок → підбір, обрізка пера і завантаження в транспортний засіб;

• **IV** – Викопування, обрізка пера і вкладання у валок → підбір і завантаження;

• **V** – Викопування і вкладання у валок → підбір і завантаження в транспортний засіб → доочистка на стаціонарних машинах;

• **VI** – Викопування, обрізка пера, завантаження в транспортний засіб за один прохід.

Одним з основних напрямів підвищення якості збирання врожаю цибулі ріпчастої є пошук і конструювання робочих органів для одночасного викопування і сепарації цибулі від ґрунту і забезпечення передумов її подальшого механізованого збирання.

Аналіз відомих пасивних викопуючих робочих органів, що використовуються в сучасних машинах, свідчить про те, що під час викопування разом з цибулинами на сепаруючі робочі органи машини потрапляють ґрунтові грудки співставні з розмірами цибулин [9], а активні робочі органи пошкоджують цибулини, мають низьку надійність та високу енергоємність процесу.

Тому найбільш перспективними є викопуючі робочі органи, що проводять відділення частини ґрунтових домішок вже в процесі викопування цибулин з ґрунту, що забезпечить підвищення продуктивності праці і якості продукції.

В результаті вивчення технології виробництва і вимог до споживчих властивостей товарної цибулі ріпчастої [11], нами розроблений і запропонований долотоподібний робочий орган (рис. 2) для її викопування, який складається з набору доліт 1, що кріпляться до штаби 2 [12].

Технологічний процес викопування відбувається таким чином: долота підрізають, сколюють і розпушують шар ґрунту з цибулинами. При цьому значна частина розпушеного ґрунту

сепарується в зазорах між долотами. Далі цибуля потрапляє на прутковий транспортер, де відбувається її остаточна сепарація.

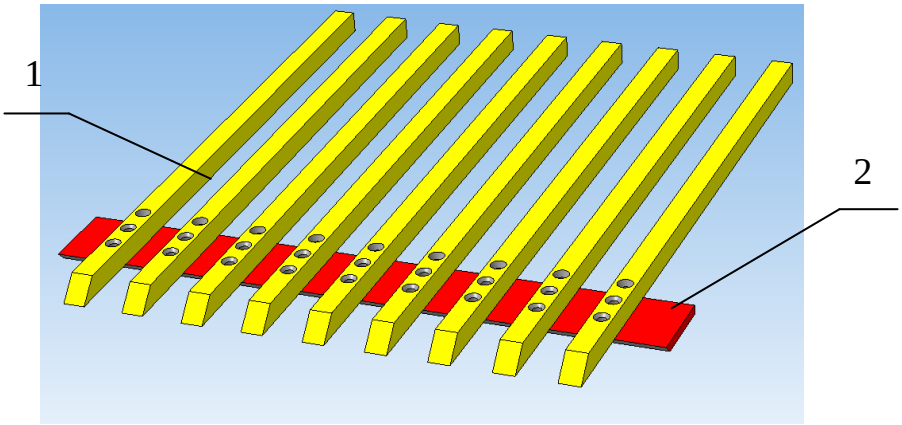


Рис. 2. Долотоподібний орган для викопування цибулі ріпчастої: 1 – долото; 2 – штаба.

Для дослідження процесу викопування цибулі ріпчастої в ДНУ «УкрНДІПВТ імені Леоніда Погорілого» розроблено і виготовлено експериментальну установку (рис. 3). Експериментальна установка має: навісний пристрій 1, спеціальну раму 2 з встановленими на ній долотоподібними робочими органами 3, бітер 4, кутовий редуктор 5, привід бітера 6, а також опорні колеса 7.

Рис. 3. Експериментальна установка: 1 – навісний пристрій; 2 – рама; 3 – викопуючі робочі органи (набір доліт); 4 – бітер; 5 – редуктор; 6 – привід; 7 – опорне колесо.

Навісний пристрій забезпечує навішування експериментальної установки на триточкову навісну систему трактора. Рама жорстка зварна конструкція до якої приварені кронштейни для кріплення інших вузлів та деталей. Викопуючі робочі органи – набір вузьких доліт закріплених на штабі. Ширина вузького долота 16 мм

знаходиться в межах половини одного мінімального діаметра товарної цибулі, інтервал розстановки вузьких доліт 30 мм, знаходиться в межах одного мінімального діаметра товарної цибулі. Крім того, набір вузьких доліт встановлено таким чином, що вони можуть змінювати кут атаки (10–30° з кроком 5°).

Бітер, являє собою встановлений в шарикопідшипниках вал на якому приварені шість пластин до яких пригвинчуються лопаті бітера. Кутовий редуктор забезпечує передачу крутного моменту від вала відбору потужності трактора на привід бітера. Привід бітера складається з ланцюгової передачі і двох зірочок, які встановлюються так, щоб зберігалося стале передаточне відношення зірочок на різних швидкостях. Зміною положення опорних коліс по вертикалі забезпечується глибина ходу доліт.

Конструкційні особливості експериментальної установки забезпечують: зміну кута атаки викопуючих робочих органів (набору доліт); зміну кількості лопатей бітера; зміну числа обертів бітера (підтримується сталий кінематичний режим); зміну глибини ходу викопуючих робочих органів; зміну місця установки осі бітера із лопатями.

Висновки

1. Механізація найбільш трудомісткого процесу збирання цибулі ріпчастої є актуальною. Імовірні технологій вирощування цибулі інтерпретуються графом похідною розкладу якого є мережа можливих варіантів технологій з відповідним розмаїттям вибору техніки.

2. Розроблено і виготовлено дослідний зразок установки із запропонованим викопуючим робочим органом для покращення якісних показників роботи викопування цибулі ріпчастої.

Список літератури

1. *Ларюшин А. М.* Совершенствование технологии уборки лука / *А. М. Ларюшин, Н. П. Ларюшин, Д. И. Фролов* // Труды Международного форума по проблемам науки, техники и образования. – М.: Академия наук о Земле, 2007. – С. 17–18.

2. *Ларюшин А. М.* Энергосберегающие технологии и технические средства для уборки лука: автореф. дис. на соиск. научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01 “Технологии и средства механизации сельского хозяйства” / *А. М. Ларюшин*. – Пенза, 2010. – 41 с.

3. *Мігальов А.* Машини для збирання цибулі в степовій зоні півдня України / *А. Мігальов, В. Сидоренко, Ю. Міснік* // Аграрна техніка та обладнання. – 2012. – № 1. – С. 49–51.

4. *Sagi I.* Development of New Harvesting Machinery / *I. Sagi* // Israel agriculture. – 2011. – № 3. – P. 23–27.

5. *Tapan Kumar Khura*. Design and development of tractor-drawn onion (Allium cepa) harvester / *Tapan Kumar Khura, Indra Mani* // Indian Journal of Agricultural Sciences. – 2011. – № 6. – P. 44–48.

6. *Akinbamowo R.* Development of a tractor-mounted cocoyam (Xanthosoma spp.) harvester / *R. Akinbamowo, A. Ogunlowo, A. Agbetoye* // Australian Journal of Agricultural Engineering. – 2011. – № 3. – P. 82–89.
7. *Мітін В. М.* Вдосконалення технології та технічних засобів механізованого збирання цибулі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.20.01. «Механізація сільськогосподарського виробництва» / *В. М. Мітін*. – Мелітополь. – 2000. – 18 с.
8. *Технології* та нормативи витрат на вирощування овочевих культур ; за ред. *П. Т. Саблука, Д. І. Мазоренка, Г. Є. Мазнєва*. – К.: ННЦ ІАЕ, 2009. – 340 с.
9. *Диденко Н. Ф.* Машины для уборки овощей / *Н. Ф. Диденко, В. А. Хвостов, В. П. Медведев*. – М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.
10. *Ларюшин Н. П.* Рациональная технология уборки лука / *Н. П. Ларюшин, А. М. Ларюшин* // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 9. – С. 37–38.
11. *Цибуля* ріпчаста свіжа. Технічні умови: ДСТУ 3234-95. – [Чинний від 1996-07-01]. – К.: Держстандарт України 1996. – 19 с.
12. *Пат*. 59912 Україна, МПК А 01 В 77/00. Викопуючий робочий орган для цибулі / *В. І. Кравчук, С. П. Маринін, А. С. Кушнарьов, Л. П.Шустік, Л. І. Мазурик* (Україна). - № u201011767; заявл. 04.10.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. №11. – С. 4.

Аннотация. *В статье приведены графы технологий выращивания лука репчатого и описание экспериментальной установки для выкапывания этой овощной культуры.*

Ключовые слова: ***лук репчатый, графы технологий, экспериментальная установка, долотообразный рабочий орган, выкапывание***

Annotation. *The paper presents onion technologies graphs and description of the developed experimental equipment for digging out of this vegetable.*

Key words: ***bulb onion, technologies graphs, experimental equipment, chisel, digging out***

УДК 621.1.004

ANALYSIS OF FREQUENCY OF RESTORATIONS SERVICEABILITY OF FORESTRY MACHINES

L. L. Titova, Master
I. L. Rogovskii, Candidate of Technical Sciences

Annotation. *The paper presents the results of analytical scientific research of analyzing the frequency of maintenance machines for forestry work.*

Key words: ***rejection, frequency, forestry machine***

Introduction. The expediency of closing operations in a particular type of service is determined based on their purpose and relevance. If delayed operation is failure of the assembly unit, and its consequences result in danger to the life of staff, given the likelihood of timely implementation of the operations accepted $P_{(t)}$>0,98; high costs of machinery failure – $P_{(t)}$>0,95. In the absence of specific requirements for the operation level $P_{(t)}$ is set on the basis of technical and economic calculations of the criterion of minimum unit costs:

$$C_{\partial} = \frac{\sum_{i=1}^{П_1} S_{ТО_i} \cdot Ц_1 \cdot K_1 + \sum_{j=1}^{П_2} Q_{ТО_j} \cdot Ц_2 \cdot K_2 + \sum_{t=1}^{П_3} t_{ТО_t} \cdot C_{уд} + \sum_{l=1}^{П_4} S_P \cdot P_l \cdot Ц_1 \cdot K_1 + \sum_{k=1}^{П_5} Q_P \cdot P_k \cdot Ц_2 \cdot K_2 + \sum_{\beta=1}^{П_6} t_P \cdot P_\beta \cdot C_{уд}}{W_ц} \to \min \quad (1)$$

where: $C_{уд}$ – unit cost of maintaining the machine in working condition, UAH/hour;

K_1, K_2 – factors that take into account overhead costs for wages and materials;

S_{TO}, S_P, t_{TO}, t_P – the complexity and duration of maintenance and elimination of consequences of failures, man-hour;

Q_{TO_j}, Q_P – consumption of materials and spare parts for maintenance and elimination of the consequences of failure of the maintenance cycle, kg, packages;

$Ц_1$, $Ц_2$ – hour tariff rate performer and the cost of 1 kg of fuel, or 1 set of spare parts, UAH/hour; UAH/kg; UAH/set;

$C_{уд}$ – loss per 1 hour of downtime of the machine, UAH;

$W_ц$ – product group for the cycle, hour;

i, l – number of types of work performed during maintenance;

P_l, P_k, P_β – given the probability;

© L. L. Titova, I. L. Rogovskii, 2016

j, k – number of materials used in the maintenance;

ι, β – number of species of downtime for maintenance;

$\Pi_1 \ldots \Pi_6$ – number of tipes, materials and downtime for maintenance.

For minimum unit costs set the optimum value periodicity perform maintenance operations.

Analysis of recent research. Clarification maintenance structure by this method [1] and its implementation in production [2] made it possible to reduce the consumption of resources by 15...20% without compromising machine performance reliability [3].

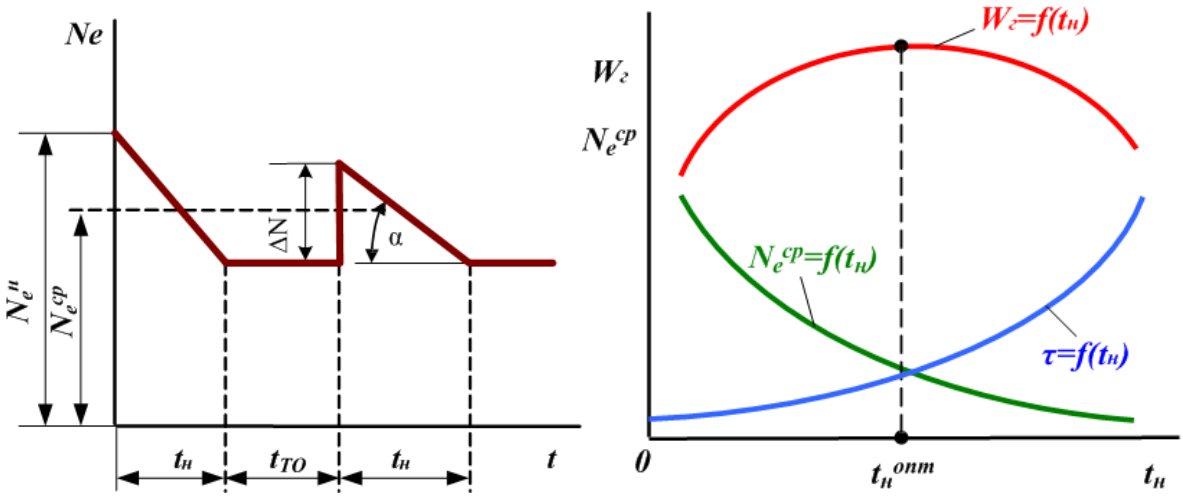
The reliability of the machine during operation depends not only on the design and quality of manufacturing perfection, but also on the quality of service at its use and storage. Only if timely and quality maintenance services guaranteed by its normal parameters of reliability. In practice, there are cases of violation of terms of service, do not perform a full range of operations, or perform them with violation of technical requirements [4].

The reason for this neglect of maintenance of machines is often a so-called "implicit" inoperable machines. The machine, in fact, can continue to operate, but it is uneconomical, with the worst quality, and the continued use of such a machine leads to a dramatic increase in catastrophic failure and the additional costs of their removal. Thus, the system maintenance machines is preventive in nature. The advantage of this system is its planned nature, which allows pre-define terms serving impacts and required funds for this purpose, the materials and the number of performers.

Purpose of research. The frequency of performing maintenance operations usually determined on the basis of accepted valuation indicator (criterion), for example, the maximum performance of the machine, at the lowest unit costs, according to statistics on the timing to achieve the maximum permissible values of the estimated parameter and others.

Results of research. Method for determining the maximum maintenance performance periodicity based on the fact that over time due to wear performance of the machine mechanisms (engine power N_e) decreases. When maintenance is reduced performance, but they are again reduced in the course of further work (Fig. 1, a). The effective power is a periodic function of the length of the work or developments $t_н$.

Thus, the increase in the average power increases $t_н$ by reducing the seasonal (annual) production or machine performance $W_г$, and utilization time reduction by increasing the time spent τ on maintenance (t_{TO}) decreases $W_г$. Graphically, this is shown in Fig. 1, b.



a) b)

Fig. 1. Power change (a), and performance parameters affecting it (b), depending on the length of the machine ($t_н$) and the duration of maintenance (t_{TO})

The dependence of the average effective capacity of the engine on the maintenance intervals can be represented as follows:

The dependence of the average effective capacity of the engine on the maintenance intervals can be represented as follows

$$Ne^{cp} = Ne^{н} - \frac{\Delta Ne}{2} = Ne^{н} - \frac{t_н}{2tg\alpha}, \quad (2)$$

where: α – angle of the line $Ne = f(t_н)$ to the horizontal axis.

The utilization factor of the change of time, taking into account the time required for periodic maintenance $\tau_{t_н}$ is determined by the expression:

$$\tau_{t_н} = 1 - \frac{t_{TO}}{t_н}. \quad (3)$$

Using expressions (2) and (3) the determination of the annual performance units as a function of the tractor engine output is obtained:

$$\tau_{t_н}^{onm} = \sqrt{\frac{2t_{TO}}{tg\alpha / Ne^{н}}}. \quad (4)$$

Equation (4) shows that the expression is directly proportional to the square root of time for maintenance (t_{TO}) and inversely proportional to the relative speed of the engine power loss $tg\alpha / Ne^{н}$.

Similarly, we can determine the optimal frequency of maintenance on the criterion of minimum unit costs. The disadvantage of this method is that as the optimality criterion in dependence of the initial average values taken without regard to their probabilistic nature. So often use a statistical method for determining the frequency of maintenance. To determine the frequency of this method it is necessary to establish the

law of distribution of time to achieve the maximum permissible values of power or machine productivity (Fig. 2).

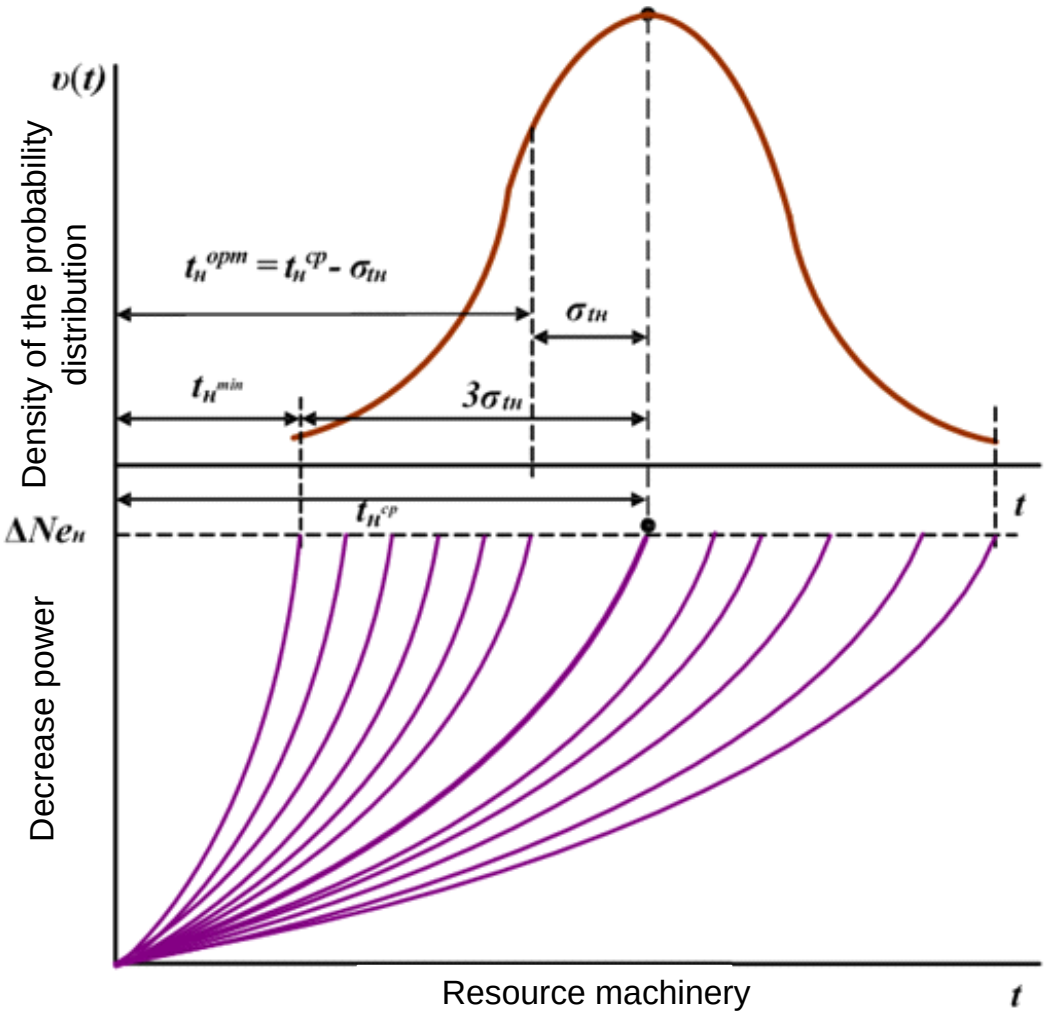


Fig. 2. Schematic of definition of periodicity maintenance machine.

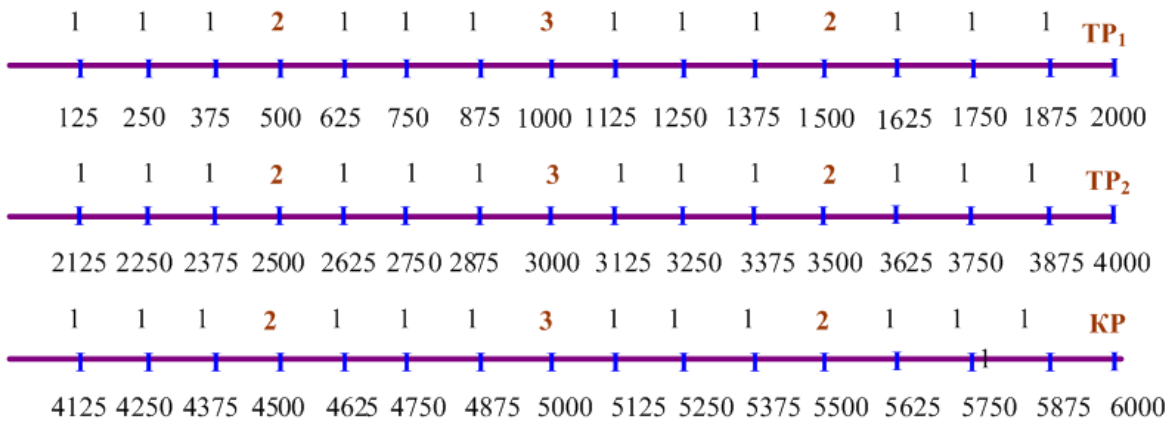


Fig. 3. Scale and frequency of alternation maintenance

Knowing the numerical characteristics of the distribution, you can find the desired time value $t_н^{c}$, which in the case of normal distribution

usually take less than the average value of the standard deviation $\sigma t_н$. In this case, only 15–16% of the cars will undergo maintenance after the deadlines, the interval for maintenance will be big enough, so it will remain precautionary. If we take $t_н = t_н^c$, the maintenance may be too late, since half of all cars in this period reached the limit state for the parameter in question. The structure of the maintenance work (Fig. 3), their sequencing and frequency are as follows (for brevity TP_1 is replaced by the symbol 1, symbol of TP_2 by 2; symbol TP_3 by 3).

Conclusions. The current national standard is permitted to set maintenance intervals for other units – in kilograms (tonnes) or liters of fuel used in the conventional reference acres developments. The frequency of maintenance of machines for forestry work and their contents are specified in the accompanying technical documentation (operating instructions). The units of frequency measurement here can be used volumes treated area, hours worked, hours or volume of products obtained.

References

1. *Тітова Л. Л.* Методичні положення потреби в мобільних засобах техобслуговування лісових МЕЗ / *Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 3. – С. 146–152.
2. *Тітова Л. Л.* Коефіцієнт готовності лісових МЕЗ / *Л. Л. Тітова* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 3. – С. 232–238.
3. *Тітова Л. Л.* Обґрунтування технічних заходів підтримання працездатності машин для лісотехнічних робіт / *Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х., 2015. – Вип. 160. – С. 189–195.
4. *Тітова Л. Л.* Аналіз періодичності техобслуговування машин для лісотехнічних робіт / *Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2015. – Вип. 212, ч. 1. – С 322–328.

Анотація. *В статті представлені результати аналітичних досліджень аналізу періодичності технічного обслуговування машин для лісотехнічних робіт.*

Ключові слова: ***відмова, періодичність, лісова машина***

Аннотация. *В статье представлены результаты аналитических исследований анализа периодичности технического обслуживания машин для лесотехнических работ.*

Ключевые слова: ***отказ, периодичность, лесная машина***

УДК 531.32

МЕХАНІКА РУХУ ЧАСТИНКИ ПО РАДІАЛЬНІЙ ЛОПАТЦІ ОБЕРТОВОГО БАРАБАНА

Г. А. Голуб, доктор технічних наук
О. А. Марус, кандидат технічних наук

Анотація. *Уточнено математичну модель для визначення параметрів руху матеріальних частинок по радіальній лопатці при різних варіантах обертання барабана.*

Ключові слова: ***барабан, радіальна лопатка, рух частинки***

Постановка проблеми. Підвищення ефективності роботи пристроїв для перемішування субстратів на основі обертових барабанів знаходить все більше поширення у біотехнологічних процесах ферментації біологічних відходів у біогазових установках з обертовими реакторами [1–4], а тому обґрунтування методів визначення параметрів руху частинок по радіальній лопатці в обертовому барабані, які дозволять встановити раціональні значення кутової швидкості та конструктивні параметри обертових барабанів потребує подальшого удосконалення.

Аналіз останніх досліджень. Основи механіки руху матеріальних частинок по робочих органах з горизонтальною та вертикальною віссю обертання були закладені у відомій праці академіка П. М. Василенка [5]. Значний обсяг досліджень щодо визначення відносної швидкості руху матеріальної точки по робочих органах з горизонтальною віссю обертання був проведений у роботах [6–8] з метою визначення параметрів робочих органів для розпушування компостів та внесення органічних добрив. Досліджувався також рух компосту по пальцях розпушувальних барабанів при периферійному завантаженні [9–13]. У основному ці дослідження стосувалися визначення механіки руху матеріальних частинок по радіальних робочих органах в обмеженому секторі повороту барабана. Для узагальнення проведених досліджень доцільно визначити основні рівняння, що характеризують механіку руху матеріальних частинок по радіальних лопатках обертового барабана та провести їх аналіз.

Мета досліджень. Визначити узагальнене диференційне рівняння, яке описує рух матеріальної частинки по радіальній лопатці обертового барабана при різних напрямках його обертання та системах відліку кута повороту від горизонтальної та вертикальної вісі барабана.

© Г. А. Голуб, О. А. Марус, 2016

Результати досліджень. Розрахункова схема дії сил на матеріальні частинки, що відцентрово рухаються по радіальних лопатках в обертовому барабані для кожного квадранта та при його обертанні проти та за часовою стрілками приведена на рис. 1 та рис. 2 (система відліку кута повороту від горизонтальної вісі).

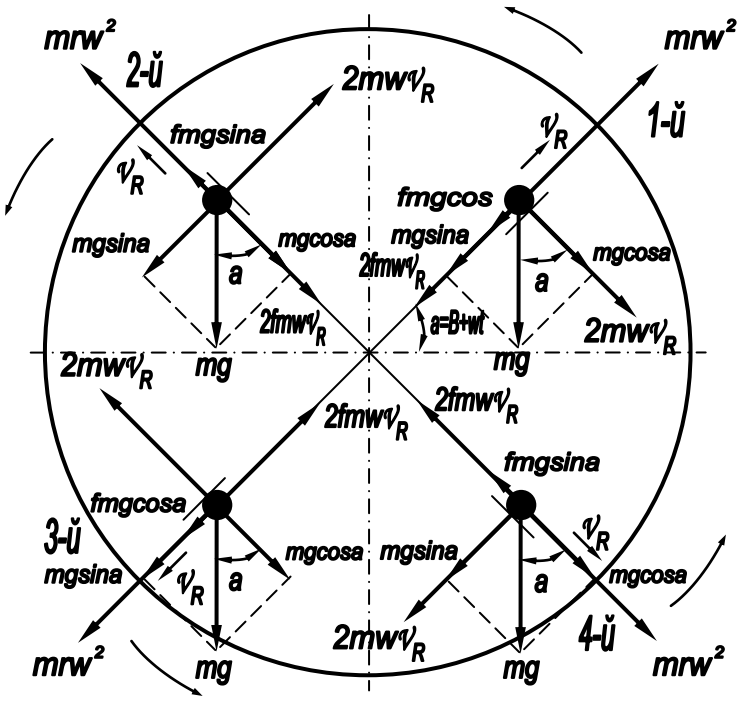


Рис. 1. Схема дії сил на частинку, що рухається відцентрово при обертанні барабана проти часової стрілки та при відліку кута повороту від горизонтальної вісі.

Згідно приведених схем відцентрового руху по радіальних перемішуючих лопатках в обертовому барабані, на матеріальну частинку діють наступні сили: сила тяжіння, коріолісова сила, сили тертя від дії сили тяжіння та коріолісової сили, а також відцентрова сила інерції.

При відцентровому русі частинки та обертанні барабана проти часової стрілки, а також при системі відліку кута повороту від горизонтальної вісі, диференційні рівняння руху частинки по лопатці для кожного квадранта запишуться у наступному вигляді:

$$1-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt)=0+(B+wt):$$

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}-fmg\cos(B+wt)-mg\sin(B+wt); \quad (1)$$

$$2-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt)=90+(B+wt):$$

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}+fmg\sin(B+wt)-mg\cos(B+wt); \quad (2)$$

$$3-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt)=180+(B+wt):$$

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}+fmg\cos(B+wt)+mg\sin(B+wt); \quad (3)$$

$$4-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt)=270+(B+wt):$$

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}-fmg\sin(B+wt)+mg\cos(B+wt), \quad (4)$$

де: m – маса частинки, кг; ω – кутова швидкість обертання барабана, рад/с; r – поточний радіус положення частинки на лопатці, м; g – прискорення земного тяжіння, м/с^2; f – коефіцієнт тертя матеріальної частинки по матеріалу лопатки, відн. од.; B – початковий кут повороту лопатки барабана, рад.; t – час повороту барабана, с; u_R – мінімальна відносна швидкість руху частинки по лопатці, м/с.

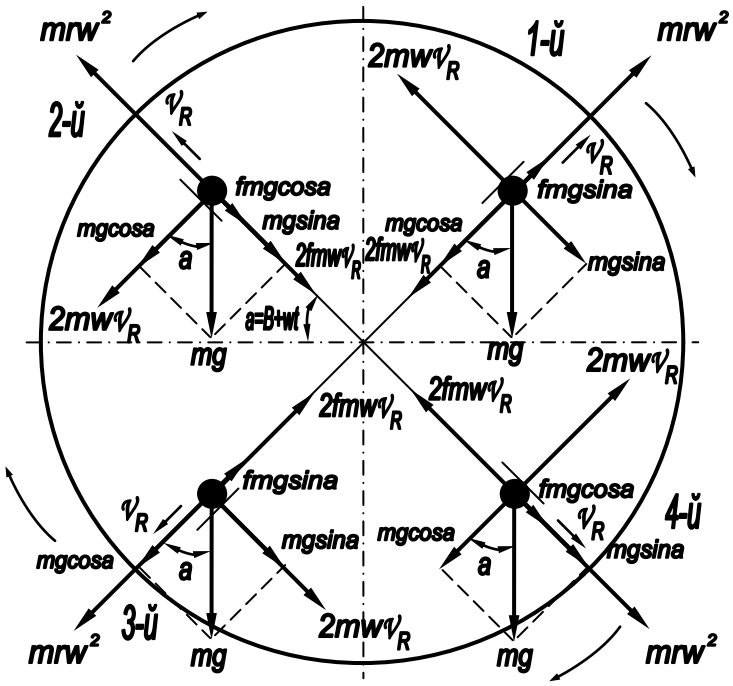


Рис. 2. Схема дії сил на частинку, що рухається відцентрово при обертанні барабана за часовою стрілкою та при відліку кута повороту від горизонтальної вісі.

Зважаючи на загальновідомі тригонометричні залежності, а саме:

$$\sin(90+\alpha)=\cos\alpha;\ \cos(90+\alpha)=-\sin\alpha; \quad (5)$$

$$\sin(180+\alpha)=-\sin\alpha;\ \cos(180+\alpha)=-\cos\alpha; \quad (6)$$

$$\sin(270+\alpha)=-\cos\alpha;\ \cos(270+\alpha)=\sin\alpha, \quad (7)$$

можна, наприклад, у перше рівняння підставити значення кута повороту лопатки і отримати відповідні для даного квадранту диференційні рівняння.

При відцентровому русі частинки та обертанні барабану за часовою стрілкою, а також при системі відліку кута повороту від горизонтальної вісі, диференційні рівняння руху частинки по лопатці для кожного квадранта запишуться у наступному вигляді:

$$2-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt)=0+(B+wt)$$

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}-fmg\cos(B+wt)-mg\sin(B+wt); \quad (8)$$

$$1-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt)=90+(B+wt)$$

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}+fmg\sin(B+wt)-mg\cos(B+wt); \quad (9)$$

$$4-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt)=180+(B+wt)$$

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}+fmg\cos(B+wt)+mg\sin(B+wt); \quad (10)$$

$$3-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt)=270+(B+wt)$$

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}-fmg\sin(B+wt)+mg\cos(B+wt). \quad (11)$$

Зважаючи на загальновідомі тригонометричні залежності (5)–(7), можна також, наприклад, у перше рівняння підставити значення кута повороту лопатки і отримати відповідні для даного квадранту диференційні рівняння. При цьому бачимо, що при відцентровому русі частинки по лопатці та обертанні барабану проти та за часовою стрілкою, а також при системі відліку кута повороту від горизонтальної вісі, диференційні рівняння руху частинки по лопатці ідентичні зі зміщенням на один квадрант.

Аналогічна розрахункова схема дії сил на матеріальні частинки, що відцентрово рухаються по радіальних перемішуючих лопатках в обертовому барабані для кожного квадранта та при його обертанні проти та за часовою стрілками, але при системі відліку кута повороту від вертикальної вісі, приведена на рис. 3 та рис. 4.

При відцентровому русі частинки та обертанні барабану за часовою стрілкою, а також при системі відліку кута повороту від вертикальної вісі, диференційні рівняння руху частинки по лопатці для кожного квадранта запишуться у наступному вигляді:

$$1-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt)=0+(B+wt)$$

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}+fmg\sin(B+wt)-mg\cos(B+wt); \quad (12)$$

$$4-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt)=90+(B+wt)$$

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}+fmg\cos(B+wt)+mg\sin(B+wt); \quad (13)$$

$$3-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt)=180+(B+wt)$$

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}-fmg\sin(B+wt)+mg\cos(B+wt); \quad (14)$$

$$2-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt)=270+(B+wt)$$

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}-fmg\cos(B+wt)-mg\sin(B+wt). \quad (15)$$

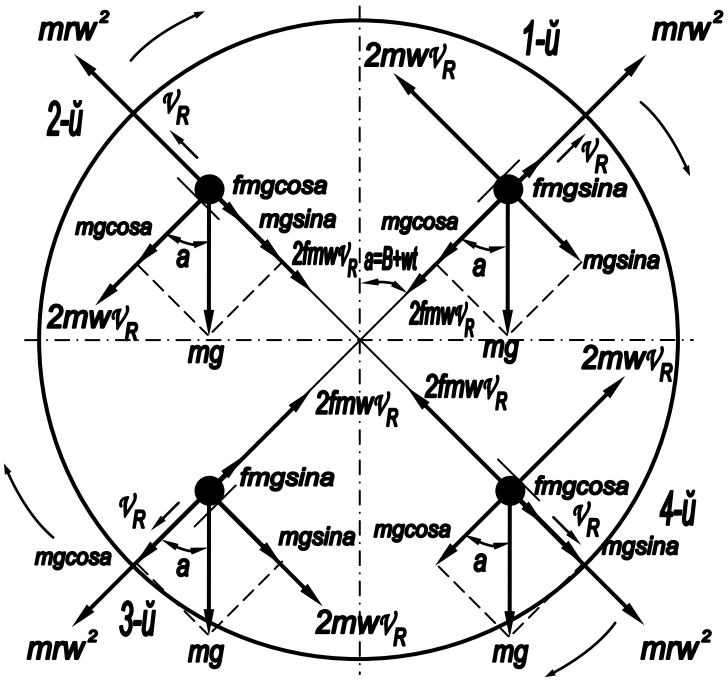


Рис. 3. Схема дії сил на частинку, що рухається відцентрово при обертанні барабана за часовою стрілкою та при відліку кута повороту від вертикальної вісі.

Отримати відповідні для кожного даного квадранту диференційні рівняння можна також враховуючи загальновідомі тригонометричні залежності (5)–(7).

При відцентровому русі частинки та обертанні барабану проти часової стрілки, а також при системі відліку кута повороту від вертикальної вісі, диференційні рівняння руху частинки по лопатці для кожного квадранта запишуться у наступному вигляді:

$$2-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt)=0+(B+wt)$$

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}+fmg\sin(B+wt)-mg\cos(B+wt); \quad (16)$$

$$3-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt)=90+(B+wt)$$

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}+fmg\cos(B+wt)+mg\sin(B+wt); \quad (17)$$

$$4-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt) = 180 + (B+wt)$$

$$m\frac{dv_R}{dt} = m\frac{d^2r}{dt^2} = mrw^2 - 2fmw\frac{dr}{dt} - fmg\sin(B+wt) + mg\cos(B+wt); \quad (18)$$

$$1-й \text{ квадрант} - \text{кут повороту } (B+wt) = 270 + (B+wt)$$

$$m\frac{dv_R}{dt} = m\frac{d^2r}{dt^2} = mrw^2 - 2fmw\frac{dr}{dt} - fmg\cos(B+wt) - mg\sin(B+wt). \quad (19)$$

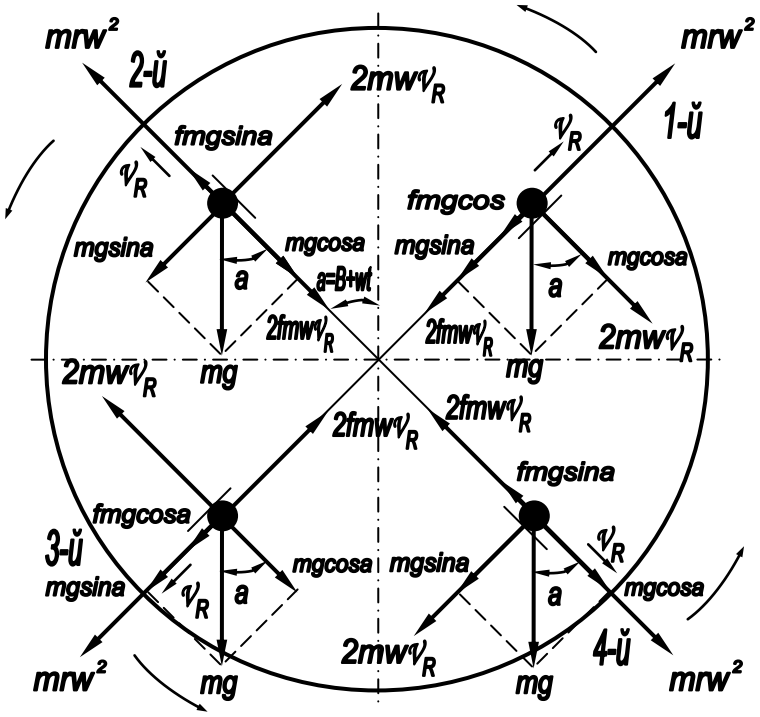


Рис. 4. Схема дії сил на частинку, що рухається відцентрово при обертанні барабана проти часової стрілки та при відліку кута повороту від вертикальної вісі.

Залежності (5)–(7) також дозволяють при підстановці значення кута повороту лопатки отримати відповідні для даного квадранту диференційні рівняння.

При цьому бачимо, що при відцентровому русі частинки по лопатці та обертанні барабана проти та за часовою стрілкою, а також при системі відліку кута повороту від вертикальної вісі, диференційні рівняння руху частинки по лопатці також ідентичні, як і в першому випадку, зі зміщенням на один квадрант.

Розглянемо також схему дії сил на матеріальні частинки, що доцентрово рухаються по радіальних лопатках в обертовому барабані для кожного квадранта та при його обертанні проти часової стрілки (рис. 5) для випадку відліку кута повороту від горизонтальної вісі. Запишемо для прикладу диференційне рівняння доцентрового руху частинки по лопатці для першого квадранту:

$$-m\frac{dv_R}{dt}=-m\frac{d^2r}{dt^2}=mrw^2-2fmw\frac{dr}{dt}+fmg\cos(B+wt)-mg\sin(B+wt), \quad (20)$$

або

$$-m\frac{dv_R}{dt}=-m\frac{d^2r}{dt^2}=\left(mrw^2-mg\sin(B+wt)\right)-f\left(2mw\frac{dr}{dt}-mg\cos(B+wt)\right), \quad (22)$$

та порівняємо його із диференційним рівнянням (1) відцентрового руху частинки по лопатці для першого квадранту та обертанні барабана також проти часової стрілки та при системі відліку кута повороту від горизонтальної вісі (рис 1), яке приведене до вигляду:

$$m\frac{dv_R}{dt}=m\frac{d^2r}{dt^2}=\left(mrw^2-mg\sin(B+wt)\right)-f\left(2mw\frac{dr}{dt}+mg\cos(B+wt)\right). \quad (23)$$

Із загального вигляду рівнянь (22) та (23) можна зробити висновок, що диференційні рівняння доцентрового та відцентрового руху частинки по лопатці ідентичні та зводяться до одного виду при зміні знаків (напрямків дії сил) сили інерції та сили тертя від дії сили тяжіння. При цьому знак рівнодіючої сил mrw^2 та $mg\sin(B+wt)$ визначається їх абсолютною величиною, а напрямок коріолісовлої сили – знаком величини $\frac{dr}{dt}$.

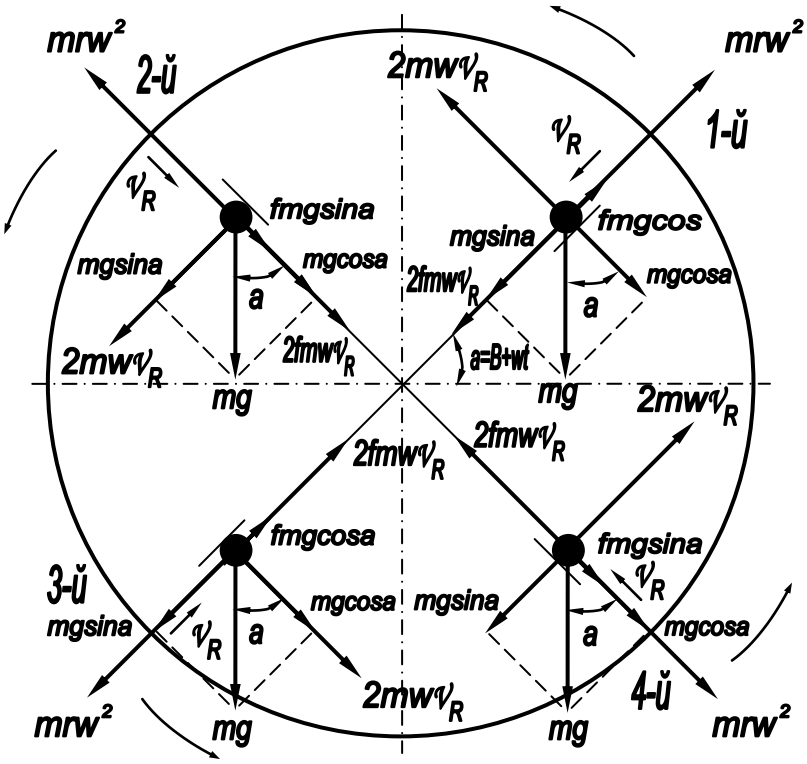


Рис. 5. Схема дії сил на частинку, що рухається доцентрово при обертанні барабана проти часової стрілки та при відліку кута повороту від горизонтальної вісі.

Висновок. Диференційні рівняння при відцентровому русі частинки по лопатці й обертанні барабану проти, а також за часовою стрілкою та при системі відліку кута повороту від вертикальної вісі ідентичні диференційним рівнянням відцентрового руху частинки по лопатці й обертанні барабану проти, а також за часовою стрілкою при системі відліку кута повороту від горизонтальної вісі зі зміщенням на один квадрант. Диференційні рівняння руху матеріальної частинки по радіальних лопатках при відцентровому русі й обертанні барабана проти часової стрілки при системі відліку кута повороту від вертикальної вісі повністю ідентичні диференційним рівнянням руху матеріальної частинки по радіальних лопатках при відцентровому русі й обертанні барабана проти часової стрілки при системі відліку кута повороту від горизонтальної вісі. Диференційні рівняння руху матеріальної частинки по радіальних лопатках барабана при доцентровому русі повністю ідентичні диференційним рівнянням руху матеріальної частинки по радіальних лопатках при відцентровому русі.

Список літератури

1. *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.
2. *Голуб Г. А.* Визначення параметрів руху частинок біомаси під час обертання метантенка / *Г. А. Голуб, С. М. Кухарець* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2015. – Вип. 212, ч. 2. – 336 с. – С. 254–264.
3. *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. – Дослідницьке, 2014. – Вип. 18 (32), кн. 2. – 387 с. – С. 356–364.
4. *Кухарець С. М.* Дослідження енергетичних показників обертового біогазового реактора / *С. М. Кухарець, Г. А. Голуб* // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2015. – Вип. №2 (101). – 348 с. – С. 200–206.
5. *Василенко П. М.* Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / *П. М. Василенко*. – К.: УАСХН, 1960. – 284 с.
6. *Марченко Н. М.* Механизация внесения органических удобрений / *Н. М. Марченко, Г. И. Личман, А. Е. Шебалкин.* – М.: ВО “Агропромиздат”, 1990. – 207 с.
7. *Якубаускас В. И.* Технологические основы механизированного внесения удобрений / *В. И. Якубаускас*. – М.: Колос, 1973. – 231 с.
8. *Голуб Г. А.* Агропромислове виробництво їстівних грибів. Механіко-технологічні основи / *Г. А. Голуб*. – К.: Аграрна наука, 2007. – 332 с.
9. *Голуб Г. А.* Параметри барабанно-дискового розпушувача / *Г. А. Голуб, В. О. Заєць* // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 10. – С. 48–51.
10. *Голуб Г. А.* Модель барабанно-пальцевого розпушувача компосту з нахилом пальців / *Г. А. Голуб* // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2005. – Вип. №89. – 391 с. – С. 212–219.

11. *Голуб Г. А.* Оптимізація параметрів барабанно-пальцевого розпушувача компосту / *Г. А. Голуб* // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 11. – С. 59–61.
12. *Голуб Г. А.* Радіальна швидкість руху компосту в барабанно-пальцевому розпушувачі / *Г. А. Голуб* // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – Харків, 2003. – Вип. 21. – 512 с. – С. 484–491.

Аннотация. *Уточнена математическая модель для определения параметров центробежного движения материальных частиц по радиальной лопатке при различных вариантах вращения барабана.*
Ключевые слова: ***барабан, радиальная лопатка, движение частицы***

Annotation. *The mathematical model to determine the parameters of the centrifugal movement of material particles on radial blade variants with different drum is specified.*
Key words: ***drum, radial blade, the movement of particles***

УДК 631.171;631.35

СТРАТЕГІЇ ТЕХНІЧНОЇ ПОЛІТИКИ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЗБИРАННЯ ХЛІБІВ В УКРАЇНІ ВІТЧИЗНЯНИМИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИМИ КОМБАЙНАМИ

Н. В. Матухно, здобувач
Національний університет біоресурсів і природокористування України
В. І. Нєдовєсов, кандидат технічних наук
Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

Анотація. *Розглянуто стан і головні проблеми в збиранні хліба та запропоновані для вітчизняного комбайнобудівництва основні конструктивно-технологічні характеристики базових моделей перспективних зернозбиральних комбайнів малої, середньої, високої та надвисокої продуктивності з пропускними здатностями відповідно: 1,5–3 кг/с; 3–6 кг/с; 6–15 кг/с; 15–25 кг/с технологічного матеріалу.*
Ключові слова: ***зерно, комбайн, стратегія***

© Н. В. Матухно, В. І. Нєдовєсов, 2016

Постановка проблеми. Характерним у виробництві зерна є те, що збирання урожаю зернових культур залишається найзатратнішою технологічною операцією в процесі вирощування зерна в будь-якій країні, а з урахуванням збирання незернової частини урожаю затрати коштів, праці та енергії вдвічі і більше разів перевищують затрати на виконання всіх інших операцій, пов'язаних з виробництвом зерна. Та це ще не все.

Виробництво зерна в усьому світі стало не тільки дорогим, а й принципово порочним, бо базується, головним чином на надмірному використанні обмежених в наявності природних ресурсів (чорного та кольорових металів, енергоносіїв та мастильних і олійних матеріалів нафтового походження, газового енергоносія, вугілля, хімічних речовин, гумусу ґрунту, мінеральних добрив, прісної води, полімерів, каучуку та фарб, ядохімікатів, виробництво яких не тільки великозатратне, а й небезпечне для здоров'я людей, трудових ресурсів тощо). Разом з цим майже в кожній державі зерно вважають стратегічною харчовою сировиною, з якою пов'язані виробництво основних продуктів харчування людей та економіка сільського господарства і харчової промисловості. Таке протиріччя у виробництві продовольства є ознакою нової загальносвітової проблеми людства, бо потреба в зерні неухильно зростає.

Аналіз останніх досліджень. В усьому світі домінуючою технологією збирання урожаю зернових, кукурудзи, соняшника, насінників трав та їм подібних культур є комбайнова. Всі варіанти технологій комбайнового збирання зернових відрізняються лише способами збирання соломи та розмаїттям конструкцій комбайнів.

Принципово комбайновою є й технологія з обчісування зерна на пні. Вона сприймається не альтернативою відносно традиційного комбайнування хлібів, а як можливим його варіантом за певних умов збирання зернових культур.

В пошуках шляхів покращення економічності виробництва зерна винайдено десятки альтернативних способів, основні з яких перевірені в багатьох країнах світу (Україна, Росія, Казахстан, Чехія, Швеція, Фінляндія, Німеччина, Австралія). Альтернативні технології та технічні засоби некомбайнового збирання зернових культур ("трьохфазна", "невійка", "казахська" з обмолотом з копиць на краю поля, "рулонно-пакова" та багато інших з обробкою всього або частини технологічного матеріалу на стаціонарі, в т.ч. з досушкою його до обробки) не витримали конкуренції з сучасними технологіями комбайнового обмолоту урожаю зернових та їм подібних культур. Пошук альтернативних технологій майже припинився, але до них будуть повертатись, принаймні, тому, що не всі відомі з них достатньо перевірені в виробництві, наприклад

«стрічкова» [6] та інші. Можуть з'явитися й нові винаходи та механіко-технологічні основи для реалізації альтернативних технологій збирання хлібів.

Однак в перспективі, принаймні до 2030 р., можна вважати, що традиційна комбайнова технологія найпростіша й принципово найпрогресивніша з відомих, бо дозволяє одержувати на полі продукт (збіжжя), зручний в транспортуванні та післязбиральній обробці. Тому фахівці всіх комбайнобудівних фірм світу, агротехнічної науки та відповідних конструкторських організацій прагнуть удосконалювати зернозбиральні комбайни. Майже кожні 2 роки фірми виставляють на продаж нові моделі цих машин.

За пропускною спроможністю молотарок зарубіжні фірми виготовляють комбайни широкого діапазону класів (від 1 кг/с до 15 кг/с), але в межах одного сімейства, що має одну уніфіковану (базову) молотарку. Ряд фірм виготовляють дві моделі комбайнів. Це позитивне положення в комбайнобудівництві враховано й посилено при розробці характеристичних моделей вітчизняних зернозбиральних комбайнів, бо це підвищує рівень уніфікації комбайнів в межах одного сімейства, що економічно виправдано.

Викладене не означає, що комбайнові технології не мають суттєвих вад. Традиційному комбайновому збиранню хлібів притаманні такі вади, які уже сьогодні викликають у землеробів неспокій і далі набувають нестерпності.

Результати досліджень. Одним з основних недоліків традиційних комбайнових технологій збирання зернових культур є те, що обмолот і вивезення урожаю з поля може починатися не в період максимальної кількості та найкращої якості зерна, а тільки тоді коли пройде 5–10 днів після накопичення максимуму сухої речовини в зерні при порівняно низькій (14–18%) вологості технологічної маси, коли закінчиться життєва діяльність рослин, тобто в період беззахищенності урожаю від шкідливої дії зовнішнього середовища (сонячної радіації, дощів, в тому числі кислотних, граду, туманів, вітру, змінних температур і вологості повітря, шкідників, хвороб, бур'янів, тощо). Вплив цих факторів знижує урожай і його якість ще до обмолоту, починаючи з середини стадії воскової стиглості зерна і продовжується в реальних умовах сьогодення 10–25 днів в період збирання урожаю. Кожен день затримки з обмолотом зерна приводить до значних втрат (0,5–1,5%) навіть при нормальних умовах жнивування, а при несприятливих – втрати зерна і погіршення його якості можуть бути катастрофічними. Тому своєчасне збирання урожаю (на протязі двох-трьох днів після досягнення стиглості і технологічно сприятливої вологості) має вирішальне значення для збирання високоякісного зерна і

зменшення його втрат та, як наслідок, для прибутку від його реалізації. Не дарма високу якість зерна вважають розмірним за ціною з ціною наявного урожаю, тобто другим урожаєм.

В зарубіжній практиці Західної Європи досягають цього за рахунок невеликого (60–80 га) сезонного навантаження на зернозбиральний комбайн. Причому, більшим, попитом користуються комбайни підвищеної продуктивності (13–18 т зерна і більше за годину). Багато й інших проблем, притаманних комбайновому збиранню, котрі проявляються, наприклад, у таких протиріччях.

По-перше, підвищення технічного рівня комбайнів збільшує його собівартість (і ціну), що в свою чергу збільшує вартість збирання урожаю, тобто високий технічний рівень комбайна не сумісний з дешевим обмолотом зерна.

По-друге, при своєчасному (в кращі агростроки) обмолоті зерна в господарстві термін використання дорогих комбайнів різко скорочується, особливо високопродуктивних комбайнів, що також підвищує собівартість збиральних робіт.

Третє протиріччя полягає в тому, що розкидання незернової частини урожаю по полю, а також валкова і валково-пресова технології збирання соломи є найгіршими з точки зору агротехніки землеробства та економіки, але в зарубіжній практиці широко використовується і, нажаль, поширюються в Україні. Багато й інших проблем, пов’язаних з переущільненням ґрунту збиральними машинами, з втратами (до 5% і більше) та пошкодженням зерна, як живої матерії, до 45–75% і більше з урахуванням мікро пошкоджень, з забрудненням полів насінням бур’янів та репродуктивними органами хвороб рослин, з забрудненням довкілля не тільки при експлуатації комбайнів, а й при їх виготовленні. В цьому аспекті зернозбиральний комбайн екологічно найбрудніша з усіх сільгоспмашин.

Четверте, сучасний стан розвитку конструкцій комбайнів надзвичайно високий в усьому світі, але й він не дозволяє в перспективі (принаймні в наступні 15–17 років) покращити економічність виробництва зерна та збирання незернової частини урожаю, бо відомі можливості цього практично вичерпані. Поява нових високопродуктивних зарубіжних комбайнів, наприклад “Мега”, “Лексіон”, “Медіон”, “Оріон”, “Массей Фергюсон”, “Джон Дір”, “Лаверда”, “Акрос”, “Аркус”, “Тукано” та інших з високим технічним рівнем не покращують, а навпаки погіршують не тільки економічність збирання зернових, а й культуру землеробства, що знизилась за останні роки до катастрофічного рівня. Не поліпшується якість збирання хлібів. Дозволені агровимогами втрати зерна за

молотаркою (1,5%) залишаються незмінними понад 50 років, хоча технічний рівень їх незрівнянно зріс, а ціна комбайнів збільшилась більш як на порядок.

При порівняно високому технічному рівні сучасних зернозбиральних комбайнів в питаннях продуктивності, зручності їх експлуатації, надійності в роботі, комфорту умов та безпеки праці оператора, питомої енергонасиченості технологічного процесу, адаптації до збирання різних культур, рівень втрат та пошкодження зерна залишаються незмінними і незадовільними. Це свідчить про довгостроковий застій в позитивному розвитку технологічних процесів та робочих органів сучасних зернозбиральних комбайнів будь-яких фірм та принципових схем молотильно-сепарувальних пристроїв (класичних, аксіально-роторних та їх комбінацій).

В погоні за збутом зернозбиральних комбайнів їх насичують багатьма “прикрасами” малоефективними і недоцільними, включаючи надмірно розкішний інтер’єр та ускладнений дизайн, можливість отримання технологічної поради та картографія поля за допомогою бортового комп’ютера та приймача, що взаємодіє з комп’ютером штучних супутників землі. Замість вирішення питань підвищення якості роботи комбайна, зменшення негативної дії на грунт та довкілля, а також зменшення його собівартості, підвищення рівня універсалізації і уніфікації, конструктори захоплюються десятками контролюючих та інформуючих приладів, тоді як комбайни не захищені від руйнування сторонніми предметами, що попадають в його молотильно-сепарувальні пристрої. Не автоматизуються регулювання молотарки комбайна на мінімум питомих затрат енергії на намолот зерна, на мінімум втрат урожаю в умовах, що безперервно змінюються.

Отже, узагальнюючи викладане, можна стверджувати, що “Проблема поліпшення якості, економічності та екологічності комбайнового збирання хлібів” була й залишається в усьому світі невирішеною й найскладнішою.

Україна – одна з не багатьох (в десятці) країн світу, спроможних виробляти понад 1000 кг зерна на одну людину населення та бути одним з основних постачальників його в світі поряд з США, Канадою, Австралією, Францією, Румунією та іншими державами. Це важливіший із аргументів в обґрунтуванні необхідності мати повну технічну незалежність України від конкурентів на світовому ринку зерна, попит на яке постійно зростає. Це й вирішальна умова виробництва дешевого хліба в державі та основа її продовольчої безпеки.

Разом з цим мізерний та убогий до нестерпності сьогоденний парк зернозбиральних комбайнів країни включає майже зношені й

морально застарілі машини, кількість яких близько 45 тис. одиниць при технологічній потребі 150 тис. одиниць різних класів пропускної здатності (від 1,5 кг/с до 25 кг/с).

Частина комбайнів, які ще не відпрацювали амортизаційного строку експлуатації зменшилась до 18–20 тис. одиниць. Це становить лише 12–13% від технологічної потреби в цих машинах. Щорічне списання комбайнів в Україні в декілька разів перевищує їх постачання в сільгоспвиробництво. Нестача комбайнів примушує підвищувати сезонне навантаження на одну машину, яке в поліссі перевищує 220 га, в лісостепу сягає за 300 га, а в степовій зоні виходе за межі 400 га. Це унеможливлює своєчасне збирання хлібів.

При такому технічному забезпеченні збирання зернових культур, коли майже немає амортизаційних відрахувань від збиральної техніки, переважно виробленої за радянських часів, собівартість зерна порівняно мала. Якщо ж парк комбайнів буде поповнюватись сучасними дорогими машинами чужоземного виробництва, собівартість зерна збільшиться в декілька разів. Разом з цим збільшаться ціни на всі продовольчі продукти, пов’язані з використанням зерна, що може привести до соціального потрясіння.

Нестача збиральної техніки та експлуатація майже зношених морально і фізично застарілих машин призводить в Україні до багатьох вад економічного та екологічного аспектів. Невчасне збирання урожаю зараз призводить не тільки до втрат близько 8 млн. тон зерна, вартість якого перевищує вартість 7–10 тис. зернозбиральних комбайнів класів 6–9 кг/с. При цьому неухильно погіршується якість зерна і, як наслідок, суттєво зменшується прибуток від його реалізації. Надмірно розповсюджуються шкідники, хвороби рослин та бур’яни, боротьба з якими стала складною національною проблемою, багатозатратною в її рішенні та екологічно небезпечною. Обмолот забур’янених хлібів виконується з втратами урожаю в 3–5 разів більшими дозволених вихідними вимогами на комбайни. Затримка збирання хлібів призводить до великих втрат продуктивної вологи, особливо на півдні України, що зменшує урожай в наступному році. Надто обезводнена поверхня поля гірше і важче обробляється, що також має негативні наслідки в розвитку рослин, затратах енергії (більше на 20–30%) та на зносу робочих органів ґрунтообробних машин і тракторів. Ось чому в країнах західної Європи сезонне навантаження комбайна на збиранні ранніх зернових становить 60–75 га, що до мінімуму скорочує строки збирання та позбавляє господарів від згаданих вище негативних наслідків несвоєчасного обмолоту хлібів. Це також зменшує негативний вплив негоди в період збирання зернових культур. Образно кажучи, при такому навантаженні на комбайн,

технологія обмолоту урожаю стає всепогодною, бо завжди знайдуться короткочасні “вікна” в погоді для вчасного збирання

Технологічно необхідна для України кількість зернозбиральних комбайнів (всього за різними класами) 150 тис. одиниць, їх основні параметри, типаж та структура парку докладно представлені нами в публікаціях [1–5].

Враховуючи сьогоденну необхідність щорічної закупівлі 14–16 тис. комбайнів з метою формування за наступні 15 років технологічно необхідної кількості їх для своєчасного збирання хлібів, потрібно віддавати щорічно до 29 млн. тон зерна (за рентабельністю його виробництва – 30%) навіть за порівняно дешеві російські комбайни, а за інші, з західної Європи та США – майже весь річний урожай зерна. При цьому не врахована оплата технічного сервісу. Це ж щорічне і довічно збиткове відшкодування чужоземцям прибутку від використання половини орної землі України та сприяння високому рівню безробіття в Україні. Тому збирання зернових культур, на яке припадає майже половина затрат, пов’язаних з виробництвом зерна, вигідніше з будь-якої точки зору робити вітчизняною технікою. Можна навіть стверджувати що альтернативи вітчизняному виробництву зернозбиральних комбайнів немає.

Однак в цьому питанні повинна бути стійка технічна політика комбайнобудівної галузі. Саме тому в 1993 році за ініціативою ННЦ «ІМЕСГ», була розроблена сумісно з ДП КБ «Південне» та іншими установами і виробничими підприємствами державна «Цільова підпрограма створення та організації виробництва в Україні комплексу машин та обладнання для збирання, післязбиральної доробки та зберігання зерна і незернової частини урожаю».

Згідно з цією програмою та науковим супроводженням ННЦ «ІМЕСГ» стартувало відродження комбайно будівної галузі в Україні, в яку увійшли ВО «Херсонський комбайновий завод», концерн «АВТОШТАМП» (м. Олександрія), «Південний машинобудівний завод» (м. Павлоград), завод ім. Малишева (м. Харків), АТЕК (м. Київ), «Лозовський машинобудівний завод. Мляво, але розпочалося виробництво вітчизняних комбайнів КЗС-9 «Славутич» та «Лан» (м. Олександрія).

Для прискорення створення і організації виробництва вітчизняних зернозбиральних комбайнів Кабінет міністрів постановою від 17 травня 1996 р. № 538 постановив: «Визначити ДКБ «Південне (м. Дніпропетровськ) головним розробником зернозбиральних комбайнів, ВАТ «Херсонські комбайни» (м. Херсон) – головним виробником зернозбиральних комбайнів (за згодою).

Функції з наукового супроводження робіт із створення зернозбиральних комбайнів покласти на Український інститут механізації та електрифікації сільського господарства (смт. Глеваха, Київської області).

Згодом розпочалося сумісне з Польщею виробництво комбайнів «Обрій» (м. Харків), з Росією – комбайнів «Єнісей» (м. Лозова) та «Дон-Лан» (м. Олександрія), з Німеччиною – комбайнів Мега 204 – «Дніпро» (м. Павлоград), з Білорусією комбайнів «Полісся» (м. Біла Церква).

Початок виробництва вітчизняних зернозбиральних комбайнів стало суспільною подією не тільки в Україні, а й за її межами, бо Україна стала комбайно будівною державою поряд з Росією, Німеччиною, Італією, США та іншими виробниками цих машин. Це, як відомо, позитивно віддзеркалилось на цінах зарубіжних зернозбиральних комбайнів, що пропонують та постачають в Україну. Вони суттєво зменшились (на 15–25%).

З появою причетності України до світового комбайнобудування постали невідкладні завдання щодо формування нової технічної політики в збиранні хлібів. Зокрема необхідно визначити – які множини комбайнів за їх типами, класами та кількістю необхідно мати в Україні і що головне слід робити для зменшення їх вартості, як важливого показника конкурентної спроможності та можливості купівлі споживачами? З цього питання автори неодноразово висловлювали свою точку зору [1–5]. В розвиток цієї точки зору вважаємо за доцільне викласти наступне, корисне на наш погляд для комбайнобудівних підприємств, а також для відповідних проектних організацій і в загалі для опрацювання технічної політики з питань технічного забезпечення виробництва дешевого зерна в Україні. Природно-виробничі умови виробництва зерна в Україні настільки різноманітні й мінливі не тільки за роками, а й на протязі одного збирального сезону, що можуть високоефективно застосовуватись зернозбиральні комбайни будь-якого типу та будь-якої пропускної здатності в межах від 1 кг/с до 30 кг/с. Однак це не означає що комбайнобудівні заводи повинні виготовляти, скажімо 30 моделей комбайнів які відрізняються одна від одної щаблиною пропускної здатності в 1 кг/с.

Світовий досвід показує, що майже всі комбайнобудівні фірми мають одну базову модель молотарки комбайна (без змін її параметрів) частіше на два класи пропускної здатності, що відрізняються пропускною здатністю на 2–3 кг/с, а за конструкцією тільки потужністю двигуна та шириною захвату жниварки (хедера). Це зменшує кількість базових моделей зернозбиральних комбайнів, що виготовляє завод.

Узагальнення цього досвіду та враховуючи напрацювання ННЦ “ІМЕСГ” та ДКБ “Південне” можна пропонувати для кожного комбайнобудівного заводу України не більше чотирьох базових моделей молотарок і відповідно зернозбиральних комбайнів малої (1,5–3 кг/с), середньої (3–6 кг/с), високої (6–15 кг/с) та над високої (15–25 кг/с) пропускної здатності, тобто за обробкою маси технологічного матеріалу в секунду (табл. 1). Це означає, наприклад, що молотарка буде повністю уніфікована (стовідсотково) для комбайнів класів 6 кг/с, 9 кг/с, 12 кг/с і 15 кг/с. Комбайни в межах цієї пропускної здатності будуть відрізнятись шириною захвату жниварки, потужністю двигуна та втратами за молотаркою відповідно 0,6–0,8 %, 0,9–1 %, 1,2–1,3 % та 1,5%.

1. Показники характеристик базових моделей зернозбиральних комбайнів на перспективу до 2030 р. (продуктивність, типи, адаптери, параметри, потреба, навантаження).

Продуктивність, при втратах зерна молотаркою:					
	1,5 %	1,5-3	3-6	6-15	15-25
	1,0 %	1,5	1,5-3	3-9	9-15
1. Молотарка багатобарабанна тангенційного типу з очисткою зерна, подрібнювачем соломи та можливістю адаптації до умов і технологій збирання хлібів					
2. Забезпечення (по замовленню) мобільності		СХ, Н, П	СХ	СХ	СХ
3. Ходова частина мобільної молотарки		кол.	кол., гус.	кол., гус.	кол., гус.
4. Забезпечення (по замовленню) функціональними пристроями (адаптерами)		ПВ, К, С, НТ, ПС, УВ, ХС, КН	ПВ, К, С, НТ, ВХ, ПС, УВ, НС, РС, УТ, КС, ХС, МР, РИС, ПК, КН	ПВ, К, С, НТ, ВХ, ПС, УВ, НС, РС, КС, ХС, ПК, РИС, КН	ПВ, К, С, НТ, ВХ, ПС, УВ, НС, РС, КС, ХС, ПК, РИС, КН
5. Параметри:					
5.1. Потужність двигуна, кВт		15-80	130-150	180-260	260-300
5.2. Маса, основна комплектація, тон		4,3-4,5	10,0-12,5	13,5-15,5	15,5-18,0
5.3. Захват хедера (по замовленню, м)		3,0; 4,5	5; 6	7; 8; 10	8; 10
5.4. Обєм бункера, $м^3$		3,0	6-7	7-8	7-8
5.5. Швидкість руху, км/год		0-25	0-40	0-40	0-40

5.6. Транспортна ширина, м	2,5	2,5	2,5	2,5
5.7. Дуга підбарабання, град.	130-140	130-140	130-140	130-140
5.8. Площа решіт очистки (загальна), $м^2$:	2,6-3,0	5,5-5,8	5,5-5,8	6,0-6,5
верхнього решета	1,4-1,7	3,0-3,2	3,0-3,2	3,2-3,5
нижнього решета	1,2-1,3	2,5-2,6	2,5-2,6	2,8-3,0
5.9. Ширина молотарки, м	1,2-1,3	1,5-2,0	1,5-2,0	1,8-2,0
5.10. Швидкість ножа хедера (середня), м/с	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5
5.11. Енергоємність, кВт/кг/с	24-25	22-25	15-17	14-15
6. Потреба в 2020 р., тис. од.	15	17	115	3

Скорочення:

кол. – колісний;
гус. – гусеничний та напівгусеничний;
СХ – самохідний;
ХС – хедер для сої;
Н – начіпний;
П – причіпній;
ПВ – підбирач валків;
МР – модель рицинова;
К – кукурудзозбиральний;
РС – стіл ріпаковий;
С – соняшникозбиральний;
НТ – збирання насінників трав;
РИС – модель рисозбиральна;
ПС – подрібнювач соломи;
УВ – утворювач валків;
НС – навантажувач соломи;
УТ – утворювач тюків соломи;
КН – копнувач начіпний;
ПК – причіп-копнувач;
ВХ – візок для хедера.

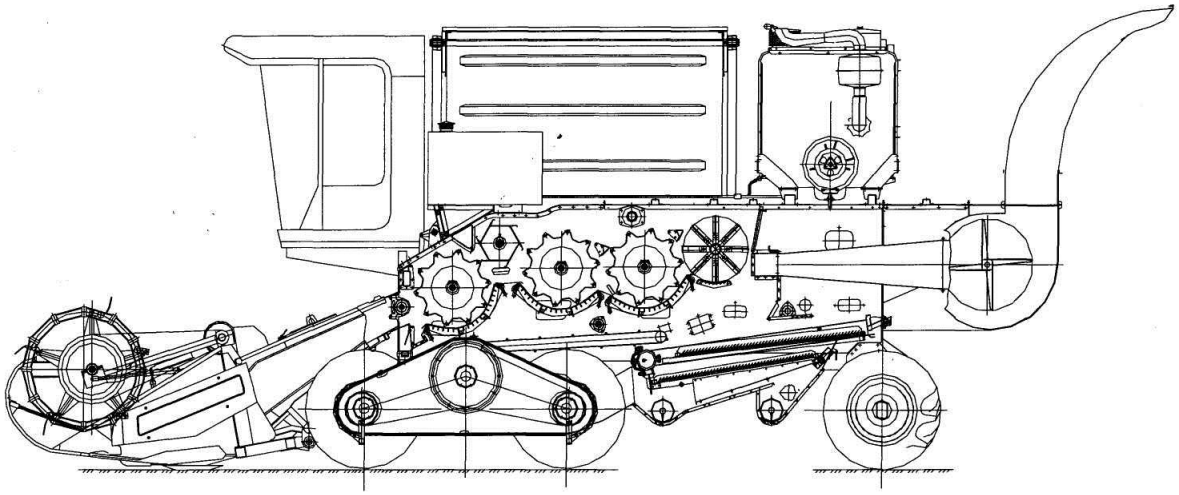


Рис. 1. Схема базової концепт-моделі зернозбиральних комбайнів сімейства “Славутич”.

Характеристичні моделі (основні характеристики базових моделей) мають також наступні конструктивні особливості, що визначатимуть комбайнобудування України.

1. Безклавішні молотильно-сепарувальні пристрої тангенціального типу (рис. 1) з трьома барабанами закритого типу (герметично пустотілими), розігнутими на вході й на виході тангенційно-циліндричноподібними поверхнями підбарабань, та безваріаторними двох або трьохрежимними приводами барабанів.

Це зменшує собівартість виготовлення комбайна, сприяє щадячій дії на зерно, підвищує продуктивність молотарки та стійкості технологічного процесу, дозволяє уникнути розбалансування молотильних барабанів, пов'язане з різною вагою пилюки, що налипає на підбичники або бичі барабана, тощо. Такі комбайни будуть достойною заміною зернозбиральних комбайнів з класичною та аксіальною молотарками.

2. Тонкошарове живлення очистки зерна та зрівноважена шатунорешітна очистка, що сприяє підвищенню інтенсивності сепарації дрібного вороху, спрощує її конструкцію та дозволяє уникнути динамічної розбалансованості рухомих складових очистки. Втрати зерна за очисткою будуть зведені до їх слідів, а в цілому за молотаркою вони зменшаться вдвічі.

3. Вивантаження зерна з бункера за принципом "самоскид" (рис. 2) шляхом спливу його під дією земного тяжіння, що сприяє зменшенню пошкодження зерна, спрощує конструкцію та на порядок збільшує продуктивність вивантаження зерна. Останнє збільшує коефіцієнт використання робочого часу на 8–10% і, відповідно змінну продуктивність комбайна.

Рис. 2. Зернозбиральний комбайн з бункером-самоскидом.

4. Кареточний (балансирний) міст передніх коліс ходової системи комбайна (рис. 1), що сприяє зменшенню питомого тиску на грунт, зменшенню амплітуди коливань комбайна, покращує умови експлуатації машини та монтажно-демонтажних робіт тощо.

5. Контактуюча з ґрунтом робоча поверхня коліс (шин) циліндроподібна, що суттєво зменшить опір коченню коліс, тиск на ґрунт та знос протекторів шин в порівнянні з шинами, що мають аркоподібну форму поперекового їх перерізу у сучасних комбайнів.

6. Ширина комбайна в транспортному положенні 2500 мм, що відповідає міжнародним вимогам до машин, що рухаються на автомобільних дорогах. Причому, максимальне значення регульованої колії ходової системи в робочому положенні збільшується до 3000 мм.

7. Автоматизована зупинка жниварки та похилої камери при попаданні в них сторонніх предметів, що можуть зруйнувати робочі органи молотарки [7].

8. Утилізація надлишкової теплової енергії від двигуна комбайна, наприклад, підігрівання води побутового призначення тощо. Це підвищить ефективність використання пального.

9. Адаптованість зернозбирального комбайна до збирання всіх зернових та їм подібних культур, а також по замовленню збирання незернової частини урожаю (НЧУ) за основними схемами: подрібнення та завантаження у швидкорозвантажний візок; формування великих до 2,5 т копиць (стогів), що можна вивозити із поля самозавантажними стоговозами; формування валків НЧУ; розкидання НЧУ.

10. Уніфікація складових зернозбиральних комбайнів (кабін, двигунів, елементів ходової системи тощо) зі складовими тракторів, що дозволить суттєво зменшити собівартість виготовлення як комбайнів, так і тракторів і, як наслідок, покращити економічність збирання хлібів. Це дозволить відмовитись від спеціалізованих комбайнобудівних і спеціалізованих тракторобудівних заводів і виготовляти, як комбайни так і трактори на машинобудівному заводі.

11. Адаптивність зернозбирального комбайна до використання незернової частини врожаю в якості енергоносія. Зернозбиральний комбайн – це унікальна сільськогосподарська машина, яка при роботі пропускає крізь себе легкозаймистий матеріал (незернову частину), що за теплотворною здатністю перевищує в декілька разів теплотворну здатність споживаного двигуном пального нафтового походження. Тому використання незернової частини урожаю в якості енергоносія для енергоустановки комбайна, буде високоефективним, наприклад, за допомогою потокової газогенерації соломи.

12. Система часткового знешкодження вихлопних газів двигуна комбайна, та утилізація продуктів згоряння пального.

13. Система автоматизованого налагодження комбайна на заданий рівень втрат зерна та економічно доцільний рівень затрат пального на 1 га або на 1 т намолоченого зерна.

14. Система дистанційного керування напрямком руху та режимом роботи комбайна, автоматична зупинка комбайна при відсутності керуючих дій на протязі 10 секунд.

Згадані характеристики базових моделей передбачають не тільки показники потреб сьогодення, вони вказують напрями удосконалення та розвитку зернозбиральних комбайнів.

Висновки

Будь-якому машинобудівному заводу економічно доцільно виготовляти чотири базові моделі зернозбиральних комбайнів з пропускними здатностями: 1,5–3 кг/с, 3–6 кг/с і 15–25 кг/с технологічного матеріалу та з параметрами, наведеними в таблиці. Основна з них модель з пропускною здатністю 6–15 кг/с, загальна технологічна потреба в ній України – 115 тис. одиниць.

Сільськогосподарське виробництво України має щорічно великі збитки, пов'язані з несвоєчасним збиранням урожаю, викликаним нестачею зернозбиральних комбайнів, та багатьма вадами конструкцій цих машин і способів збирання урожаю. Причому, використання комбайнів зарубіжного виробництва не вирішує жодного протиріччя згаданої проблеми.

Проблема поліпшення якості, економічності та екологічності комбайнового збирання була і залишається в усьому світі невирішеною і найскладнішою.

Список літератури

1. *Нєдовєсов В. І.* Тенденції комбайнобудування, протиріччя та актуальні завдання в механізації збирання зернових культур / *В. І. Нєдовєсов, М. Р. Микитенко, О. Ю. Шидловський* // Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві : Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 3-5 листопада 1997 р. – Глеваха, 1997. – С. 164–169.

2. *Нєдовєсов В. І.* Щодо основних положень формування парку зернозбиральних комбайнів України / *В. І. Нєдовєсов, М. Р. Микитенко, О. Ю. Шидловський* // Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві : Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 3-5 листопада 1997 р. – Глеваха, 1997. – С. 169–173.

3. *Нєдовєсов В. І.* Щодо полеміки з питань комбайнового збирання хлібів в Україні / *В. І. Нєдовєсов, М. Р. Микитенко, М. А. Бондар* // Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві : Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 3-5 листопада 1997 р. – Глеваха, 1997. – С. 173–177.

4. *Нєдовєсов В. І.* Щодо питання пошкодження зерна зернозбиральними комбайнами / *В. І. Нєдовєсов, Н. В. Матухно* // Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві : Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 3-5 листопада 1997 р. – Глеваха, 1997. – С. 177–181.

5. *Нєдовєсов В. І.* Щодо концепції створення в Україні зернозбиральних комбайнів нового покоління / *В. І. Нєдовєсов, М. А. Бондар, В. М. Яковлєв* // Збірник доповідей засідання міжнародної конференції "Перспективні технології збирання зернових культур, рису та насіння трав". / Таврійська державна агротехнічна академія. – Мелітополь, 2003. – С. 121–127.

6. *Недовесов В. И.* Механико-технологические основы ленточных накопителей хлебостебельной массы / *В. И. Недовесов* // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1979. – № 8. – С. 27–32.

Аннотация. *Рассмотрено предложенные для отечественного комбайностроения основные конструктивно-технологические характеристики базовых моделей перспективных зерноуборочных комбайнов малой, средней, высокой и над высокой производительности с соответствующими пропускными способностями: 1,5–3 кг/с; 3–6 кг/с; 6–15 кг/с; 15–25 кг/с технологического материала.*

Ключевые слова: ***зерно, комбайн, стратегия***

Consider proposed for combine harvester major structural and technological characteristics of basic models of perspective grain harvesters of low, medium, high and above the high-performance with adequate capacity: 1.5–3 kg/s; 3–6 kg/s; 6–15 kg/s; 15–25 kg/s of the process material.

Key words: ***grain, harvester combine, strategy***

УДК 531.2.16

METHOD OF CALCULATION OF BASIC PARAMETERS OF VIBRATION DEVICE TO FORM HORIZONTAL SURFACES

Andriy Zapryvoda
Kyiv National University of Construction and Architecture

Annotation. *The proposed method of engineering calculation vibrating compactors for forming horizontal surfaces based on consideration of the interaction of processable concrete mixture with the realization of the set operating parameters of the working body*.

Key words: ***method, calculation, parameters, vibration***

Actuality of theme. Modern technology of monolithic construction requires the necessary equipment and devices for laying and compaction of concrete. At stacking the construction of vertical walls mixture is in the formwork using additives that enhance mobility and easily staking of concrete mix with little or no vibration application. And when constructing of horizontal surfaces, mostly in rooms large area (underground garages

© Andriy Zapryvoda, 2016

for parking of vehicles, warehouses, location, communication, etc.) is needed in applying hard mixes, seal which requires the use of vibration to produce high quality products. Existing platforms vibrators, screed rails have a small size in length.

Arises the problem of creating vibration sealing rails considerable lengths to ensure greater productivity, but for their calculation must consider longitudinal vibrations and possible tear-off modes. Therefore, an important issue to the creation screed rails is the development refined design scheme of the system "working body - the environment", the definition of the interaction of these subsystems influence rheological properties of concrete under the action of complex vibrations.

Therefore, the actual topic is the analysis of of concrete mix models, evaluation of structural parameters of existing vibration devices determine the effect of the mixture on the dynamics of the working body and based on their own research to develop algorithm of calculation of the basic parameters and modes of operation.

Analysis of previous studies. Mixtures that will compacting when forming horizontal surfaces exhibit rheological properties, which include elastic, viscous and plastic properties. In the literature there are different, often conflicting opinions [1] on their changes and impact on the dynamics of the vibrating device. Thus, changing the internal resistance forces is treated as a result thixotropy [2] or changes of dry friction [3]. According to the research found that changing the rheological properties of moving mixtures can be described by the equation Binhama-Shvedova [4]:

$$\tau = \tau_0 + \eta_{PV} \frac{\partial v}{\partial t}. \quad (1)$$

where: τ – shear tension, τ_0 – limit tension of displacement; η_{PV} – plastic viscosity with shear, $\frac{\partial v}{\partial t}$ – speed shear strain.

The motion of rigid concrete mixtures during compaction described Coulomb equation:

$$\tau = \sigma \cdot tg\varphi + C, \quad (2)$$

where: σ – pressure, $tg\varphi$ – tangent of the angle of internal friction, C – grip.

From equations (1) and (2) follows that in the equation Binhama-Shvedova of displacement resistance is proportional to the plastic viscosity and of displacement strain rate, and the equation of Coulomb – pressure and tangent of the angle of internal friction. The nature of the deformation while is also different: continuous deformation occurring in the bulk of material without destroying its continuity (1) and shift layers of material on contact planes (2).

Practical application of equation (1) or (2) depends on the choice of model environment. Provided that the mixture is a solid and resistance to

shear it has a bunch of nature and while proportional to strain rate of displacement – used the equation (1).

Where the mixture is a discrete environment that responds to external action as a dry contact friction is proportional to the pressure, which is perpendicular to the shear plane, we can use equation (2). This shear resistance does not change due to the transition to dry friction materials, as adopted in [1] as a result of purely mechanical effects [5], which lead to a change in the effective coefficient of dry friction.

In [1] The physical models based on their representation purely viscous fluids, described the current number of laws of flow (Prandlya, Reiner-Filinova, Ostwald de Vilya, De Haven, etc.).

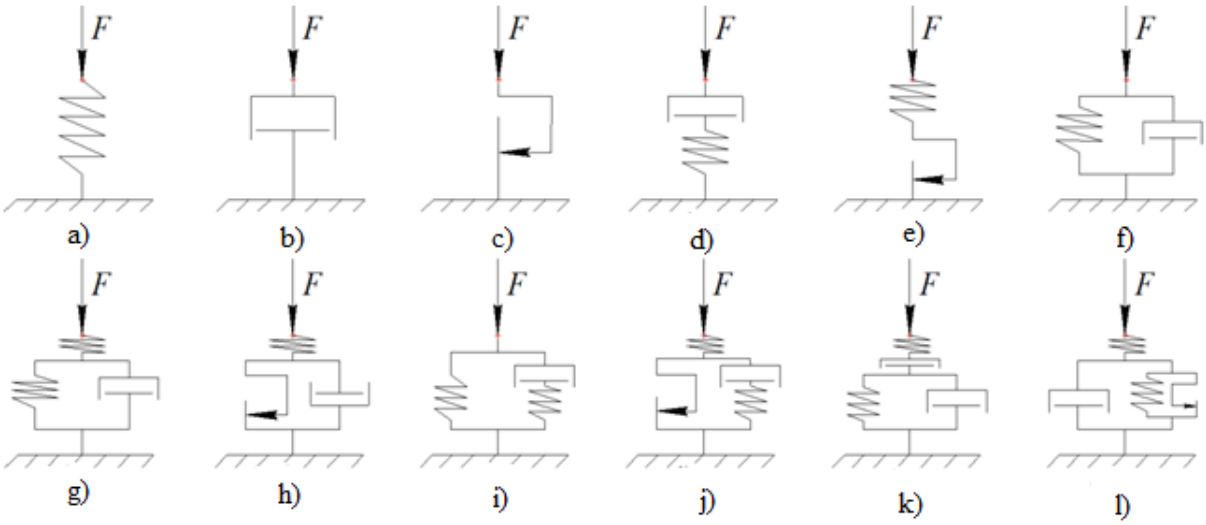


Fig. 1. The main rheological models, where F – external force: a – Hooke; b – Newton; c – Saint-Wenan; d – Maxwell; e – Prandl; f – Voigt; g – Kelvin; h – Binham; i – Poynting-Thomson; j – Shvedov; k – Burgers; l – Imlinskiy.

They accepted to classify newtonian, pseudo-plastic, dilatant. These models reflect only the properties of simple liquids (Fig. 1, a, b, c). To describe the concrete used more sophisticated so-called visco-plastic mixtures that show its movement along with viscous and plastic properties. Among these models is the model known Maxwell, Kelvin-Voigt, Binham-Shvedov and others (Fig. 1, d-l) [3].

For dependencies (1) and (2) models (see. Fig. 1, h and j) formed concrete mixture model presented by Binham-Shvedov, which is a serial connection of elastic, viscous and plastic elements; equation of state which is:

$$\begin{cases} \varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad where\, \sigma < \sigma_m; \\ \varepsilon = \frac{(\sigma - \sigma_m)\cdot t}{v} + \frac{\sigma}{E} \quad where\, \sigma > \sigma_m, \end{cases} \tag{3}$$

where: ε – deformation, σ – tension E – modulus of elasticity of concrete mix, v – coefficient of viscosity of the system, σ_m – limit state of mixture.

Thus, using the relation (3), it is possible to determine the mode of deformation of concrete mix in terms of consolidation and considered in the equations of motion of the device using a tension of (3), presenting it as a constituent of the inertial forces of resistance.

Methodology and results of research. By the methodology was provided the conduct research on vibrating device (Fig. 2), which consists of two longitudinal beams 1, which are interconnected and are mounted vibrators 2. The amplitude was measured at 1–4 points with different modes including vibrators.

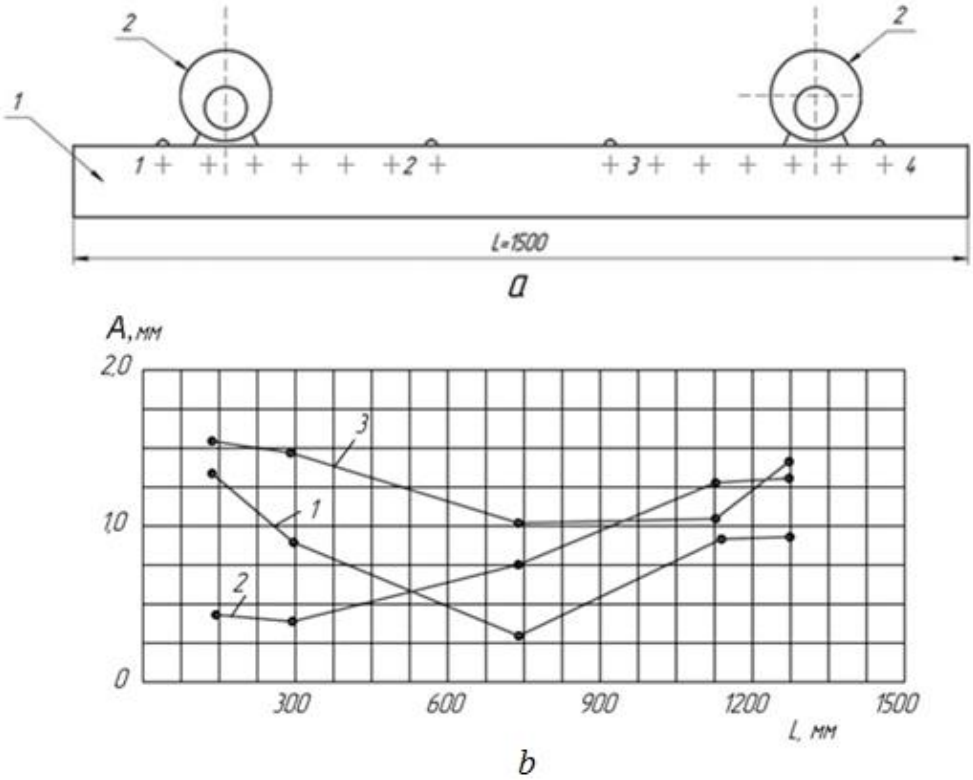


Fig. 2. Scheme of vibrating compactors (a) and results of the distribution of the amplitude A (b) along the length of the rail, where 1 – unbalance rotation counterclockwise; 2 – one rotating unbalance, second fixed; 3 – rotation unbalance in different side.

With all possible directions of rotation unbalance (Fig. 2, b) was observed a similar picture: at the ends amplitude was greater than in the middle, and the difference was two times higher (Curves 1, 3).

With a sudden switch of a vibrator or when you run one of these oscillation mode of vibrating compactors change. From Figure 2, we can see that there is a sharp decrease in amplitude with increasing distance from the vibrator, which should not be at work of two vibrators, the more with synchronous in their work.

Obviously, an important aspect of oscillations vibrating compactors is placing vibrators that can`t be done arbitrarily, without the rigidity of the working body. With the lack of rigidity vibrating compactors amplitude is distributed evenly along the length, often in the middle of it less than at the ends. This leads to the separation of the ends of vibrating compactor from the treated environment.

Thus, for example, the research found that the amplitude of vibration device during compaction of concrete mix was in the middle of 0.3 mm and 0.5 mm at the edges.

Our studies show that solving the problem of providing the specified modes of vibration device requires a considerable length account of the interaction of the working body of the device with concrete mixture and assess the movement of the vibrating device when he vibrates the mixture. This is important from two points of view: the presence of a special form with the front edge of the beam, when she moved, the device to avoid stratification stock mixture and mix in time vibration mode device on a separate site. So it is necessary to determine the speed of movement of v_0 to v_r – rational values of the speed at which there is no stratification and the required density. An important aspect is also the distance between the two beams of vibrating compactor, which must be reconciled not in terms of the support surface of the vibrator, and eventually sealing zone at bars. To install the vibration modes oscillations device (before-resonant or behind-resonant) frequency of natural oscillations is determined by a vibrating device. Thus, the frequency of natural oscillations of the beam ,than lying on elastic foundation can be determined by the formula:

$$\omega_N = \sqrt{\omega_{0N}^2 + \frac{c_0}{m_0}}, \tag{4}$$

where: ω_{0N} – the frequency of natural oscillations lying freely beam; $\frac{c_0}{m_0}$ – square of the frequency of free oscillations mass m_0 lying on a basis which has elasticity coefficient c_0.

The frequency of natural oscillations of the beam is given by:

$$\omega_{0N} = \frac{\alpha_n^2}{l^2}\sqrt{\frac{EJ}{m}}, \tag{5}$$

where: E – the modulus of elasticity, N/m^2; J – moment of inertia about the axis of the beam cross section perpendicular to the plane of bending, m^4; l – length of the beam, m; m – mass per unit length of the beam, kg/m.

The maximum allowable pitch between vibrators [6]:

$$l_{max} = 3\sqrt[4]{\frac{EJ}{\rho\omega^2}}, \tag{6}$$

where: ρ – linear density; ω – angular frequency of forced oscillations.

Self-synchronization of two vibrators provided the following conditions [6]:

$$(\lambda^2 - 1)\cos(\alpha_1 - \alpha_2) \gg 0, \quad (7)$$

where: λ – the ratio of own ω_N to forced oscillations ω of the vibration device; α_1, α_2 – phase oscillations of the first and second vibrators respectively.

Condition (7) ensure stability of the vibrating device by preconditions:

$$\alpha_1 - \alpha_2 = const; \omega_N > \omega. \quad (8)$$

The reduced dependence (4)–(8) taken into account in the model "working body – mixture" and are part of the engineering methods of calculation of the vibrating compactor.

To determine the parameters included in the equations of motion of the system "vibrating compactor – concrete mixture" used [7]:

$$\mathrm{C} = \omega_R^2 \sqrt{m^2 - \left(\frac{m_0 r_0}{A}\right)^2}; \quad (9)$$

$$b = \sqrt{2C\left(m - \frac{C}{\omega_R^2}\right)}; \quad (10)$$

$$tg\varphi = \sqrt{\frac{(m_0 r_0)^2 \omega^4}{(C - \omega^2 m)^2 A^2} - 1}, \quad (11)$$

where: C, b – coefficient of elasticity and dissipation of concrete mixture, respectively; ω, ω_R – forcing power frequency and resonance frequency respectively; m – vibrating compactor mass and reduced weight concrete mixture: $m = m_{w.b.} + m_b$; $m_0 r_0$ – static moment mass unbalance; A – amplitude of oscillations of the vibrator.

Independence (9)–(11) obtained by from the solution of the equation of motion vibration device that is in contact with a concrete mixture. In formulas (9)–(11) elastic properties into account the coefficient C and dissipative coefficient b. The coefficient of elasticity is based on the hypothesis of "air" nature of the link between tension and strain in the concrete mix [7]:

$$C = \frac{S(p_0 + p_{st})^2}{h_h \varepsilon \rho_0}, \quad (12)$$

where: S – area of the vibrator that comes into contact with the concrete mixture; p_0, p_{st} – atmospheric and static pressure on the mixture; h_h – height concrete mix; ε – coefficient of voids in the mixture, equal to the reduced height of the air pockets full height to the mix.

Dependence of speed limits formation of viscosity η concrete mix during its compaction and layer height of mix *h*:

$$v = \frac{k_1 k_2 h}{\eta}, \quad (13)$$

where: k_1, k_2 – coefficients that take into account the composition of the mixture and reinforcement respectively.

So you can define the following parameters of vibrating compactor, which for convenience will present a dimensionless form:

$$\left.\begin{aligned} k_C &= \rho/\rho_0 \\ n_g &= fl/v \\ k_F &= F_0/mg \\ k_p &= p/\rho_0 h \\ k_n &= e/h \\ \bar{X} &= m_0 r_0/mh \end{aligned}\right\}, \qquad (14)$$

where: k_C – coefficient of compaction; n_g – the number of vibrations in the elementary section of the sealing surface of the mixture; k_F – coefficient of vibration; k_p – pressure coefficient; k_n – coefficient of relative movement; $\bar{X}$ – relative amplitude of oscillations; ρ, ρ_0 – final and the initial density; f, l, v – vibration frequency, length of the surface in the direction of movement and speed of movement of the vibrating device, respectively; F_0, mg – forcing power amplitude and vibration device weight; p, h – pressure on the mixture and its height; $m_0 r_0$ – static moment mass of unbalance; m – mass of the vibrating device.

An important parameter that determines the mode of the vibrating compactor, is the ratio of the weight of the vibrating device $Q = mg$ and forcing power $F_0 = m_0 r_0 \omega$:

$$K_F = Q/F_0. \qquad (15)$$

By the research has found that this ratio should be between 0.5...0.7, thus provided the optimum mode of the system "Vibration device – working mixture."

These dependencies (3)–(15) form the basis of the algorithm of the basic parameters of the vibrating device (Fig. 3).

Conclusions

1. The influence of rheological characteristics at motion parameters of vibrating device.

2. Refined physical and mathematical model of "working body – sealing mix" with the significant change of rheological parameters of the mixture during the processing.

3. Identified the design parameters, conditions of synchronization of vibrators and stabilization of the vibrating device for forming the horizontal surfaces.

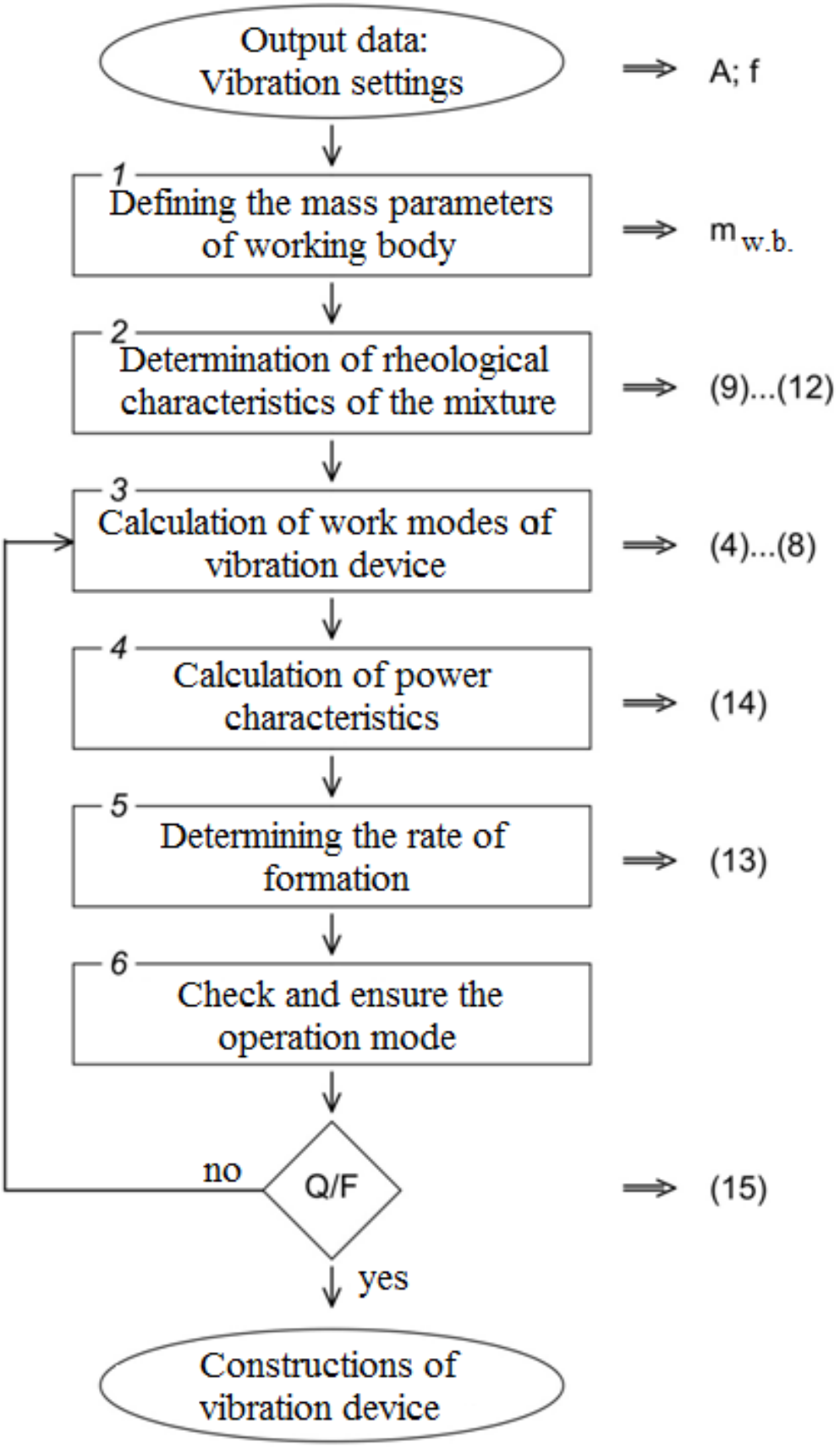


Fig. 3. Algorithm for calculating the main parameters of vibration device.

4. The basic dimensionless parameters for assessing the efficiency of compaction concrete.

5. The main parameters of working process of a vibrating device enabling to formulate the algorithm and method of engineering calculation of vibrating device.

References

1. *Hirshtel G. B.* About the physical nature of vibration on mix Compaction / *G. B. Hirshtel*. – K.: Builder. In Coll. "Technology of concrete and reinforced concrete structures.". – 1972. – P. 21–36.
2. *Desov A. E.* On the structure of viscosity paste, mortar and concrete / *A. E. Desov* // Colloidal magazine. – T. 12. – № 5. – 1951. – P. 346–356.
3. *Lermyt T*. Problems of concrete technology / *T. Lermyt*. – M.: Stoyyzdat, 1959. – 230 p.
4. *Ovchinnikov P. F.* Vibrorheology / *P. F. Ovchinnikov*. – K.: Naukova Dumka, 1983. – 272 p.
5. *Blekhman I. I.* Vibratory movement / *I. I. Blekhman, G. Y. Janelidze*. – Moscow : Nauka, 1964. – 150 p.
6. *Blekhman I. I.* Synchronization in nature and technology / *I. I. Blekhman*. – Moscow : Nauka, 1981. – 352 p.
7. *Rudenko I. F.* Formation of products surface of vibrating stamps / *I. F. Rudenko*. – M.: Stroyizdat, 1972. – 165 p.

Анотація. *В статті запропоновано метод інженерного розрахунку вібраційного пристрою для формування горизонтальних поверхонь на основі розгляду взаємодії оброблюваної бетонної суміші з реалізацією безлічі робочих параметрів робочого органу.*

Ключові слова: ***метод, розрахунок, параметри, вібрація***

Аннотация. *В статье предложен метод инженерного расчета вибрационного устройства для формирования горизонтальных поверхностей на основе рассмотрения взаимодействия обрабатываемой бетонной смеси с реализацией множества рабочих параметров рабочего органа.*

Ключевые слова: ***метод, расчет, параметры, вибрация***

УДК 631.147:632.937.3

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РЕАКТОРІВ ДЛЯ ТВЕРДОФАЗНОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ

О. А. Марус, кандидат технічних наук
Г. А. Голуб, доктор технічних наук

Анотація. *В роботі наведений аналіз конструкцій реакторів для переробки твердих органічних відходів в біогаз та біодобриво із зазначенням їх конструкційних переваг та недоліків.*

Ключові слова: ***реактор, твердофазна ферментація, біогаз, біодобриво***

Постановка проблеми. Скорочення природніх запасів традиційного палива спонукає суспільство замислюватись над проблемою пошуку альтернативних варіантів отримання біопалива. Переробка харчових відходів на сьогоднішній день є одним із напрямків зменшення їх кількості та отримання додаткових енергетичних можливостей, які можна використати в процесах переробки овочів та фруктів.

Щороку 7 млн. тон харчових відходів спрямовуються до смітників. За підрахунками експертів, третину харчової сировини втрачають в процесі виробництва, ще третину – під час реалізації та в процесі приготування їжі, решту відправляють на смітники вже безпосередньо у домогосподарствах [9]. Тому проведення досліджень по переробці органічних харчових відходів на основі використання реакторів із твердофазною ферментацією є актуальним.

Аналіз останніх досліджень. Твердофазна ферментація відбувається в твердому, сипучому або пастоподібному середовищі з вологістю субстрату від 30 до 80 % [2].

Одним із самим поширеніших вітчизняних харчових продуктів являється картопля, якої щороку в Україні вирощується в середньому 20 млн. т. За своїм вмістом вона складається з води, білків, жирів, вуглеводів та харчових волокон (рис. 1) [8]. Вихід біогазу з 1 тонни свіжої картоплі становить від 160 до 200 м^3/т при вмісті метану від 50 до 52 % [8, 10]. Тому переробка залишків картоплі та відходів виробництва картопляних блюд є актуальним.

Найбільш поширені наступні типи твердофазних ферментерів: біореактор типу лотка; біореактор з ущільненим шаром; біореактор типу барабана, що обертається; твердофазний біореактор, що

© О. А. Марус, Г. А. Голуб, 2016

гойдається; біореактор у вигляді ємності із мішалкою; повітряний твердофазний біореактор з псевдорозрідженим шаром (табл. 1) [1].

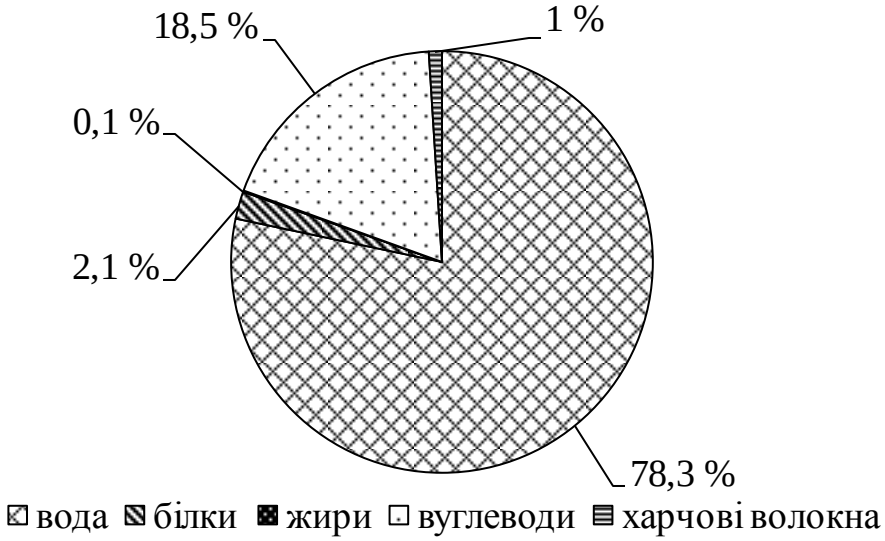


Рис. 1. Складові компоненти картоплі.

1. Типи твердофазних ферментерів та їх недоліки.

Тип ферментера	Недоліки
лотковий	– допускається забруднення зовнішніми мікроорганізмами; – реактор має значні габарити і потребує значних затрат на його експлуатацію.
з ущільненим шаром	– субстрат гранульований – значне виділення тепла призводить до сповільнення росту мікроорганізмів; – постійна аерація висушує субстрат.
обертовий	– в середині рухомого субстрату діють зусилля зсуву, що приводить до руйнування грибкових структур (міцеліуму, спорангіуму, фруктовегетативної маси); – безперервний рух ферментера може викликати агломерацію вологого субстрату; – необхідні поверхні для сполучення із зовнішнім середовищем (патрубки впуску і випуску повітря, патрубок подачі води), які можуть стати джерелом забруднення.
коливальний з мішалкою	– обмежений об'єм ферментера. – проблеми з використанням значних кількостей субстрату, оскільки він не може переміщуватись рівномірно, не викликаючи руйнування структури субстрату.
повітряний із псевдорозрідженим шаром	– потребує відносно значного обсягу реактора та значних витрат енергії.

Метою досліджень є проведення аналізу конструкцій реакторів для твердофазної ферментації.

Результати досліджень. Проведений аналіз існуючих конструкцій реакторів для виробництва біогазу показав, що найбільш поширені конструкції для рідкої ферментації або поєднання твердо та рідкофазного зброджування.

Патентний пошук виявив, що для твердофазної ферментації використовується реактор із застосуванням модульної основи типу лотка (рис. 2) [1]. Модель такого ферментера зручна у використанні: лотки з субстратом легко завантажуються і вивантажуються з реактора, що також полегшує його знезараження. Але це є також і недоліком цього реактора, оскільки призводить до значних простоїв у продовж завантаження, вивантаження біомаси та дезінфекції або миття реактора, що в свою чергу негативно впливає на його продуктивність.

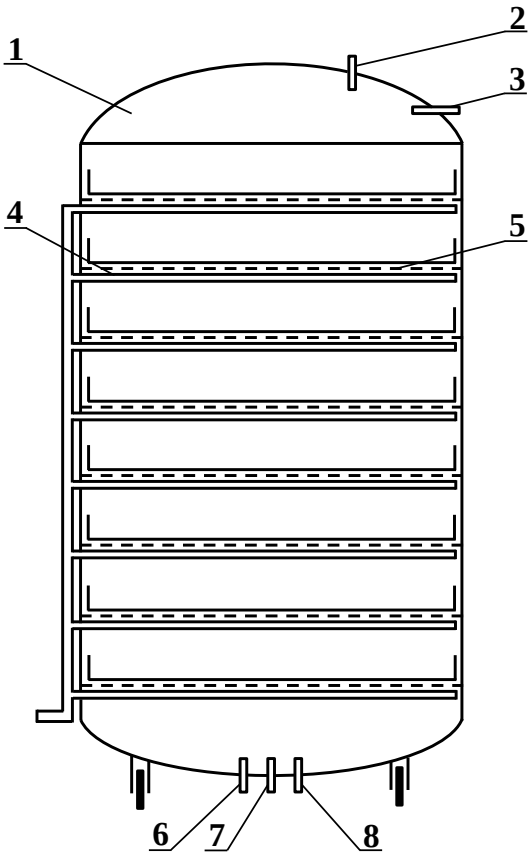


Рис. 2. Твердофазний ферментер [1]: 1 – кришка; 2 – патрубок для випуску повітря; 3 – отвір для засіву ферментера; 4 – патрубок для охолодження субстрату; 5 – модульна основа 6 – патрубок для подачі повітря; 7 – патрубок для подачі води; 8 – патрубок подачі води з посівним матеріалом мікроорганізмів.

Для переробки твердих органічних відходів існує ферментер [3] (рис. 3), в якому враховано всі ключові моменти виробництва біогазу, навіть вдалось поєднати сам реактор з газгольдером в одній конструкції, що відповідно й ускладнило її. Недоліком також являється

значна відстань для транспортування біосировини в реактор. Система вивантаження біомаси реалізована за рахунок установки шнекового розвантажувача по днищу реактора, через який також проходить патрубок завантаження, калорифер та система видалення вологи, що не дозволяє забезпечити максимально-якісного вивантаження біодобрив.

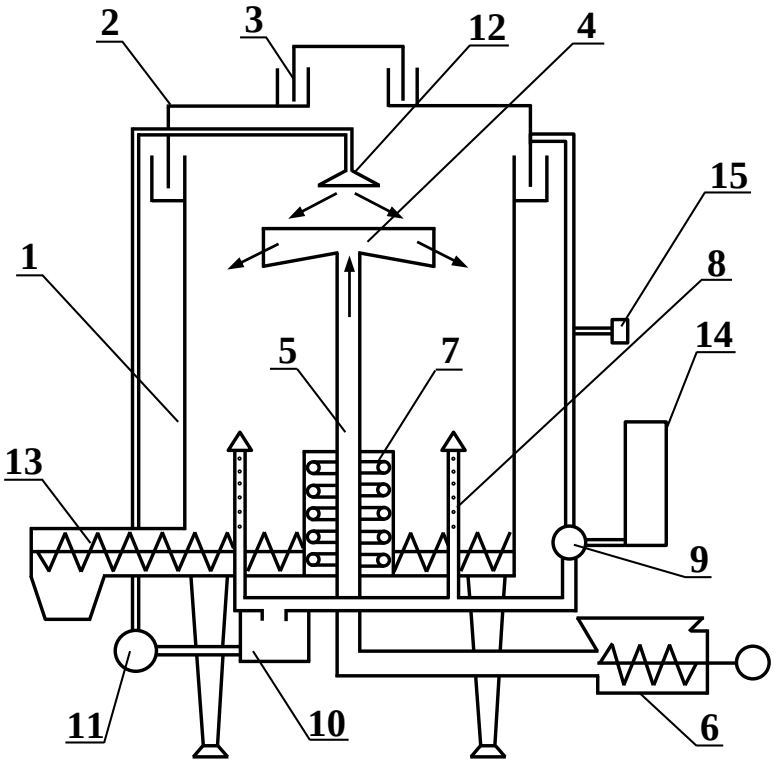


Рис. 3. Ферментер [3]: 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – газгольдер; 4 – розподілювач; 5 – патрубок завантаження; 6 – пристрій для завантаження; 7 – калорифер; 8 – барботер; 9 – компресор; 10 – іннокулятор; 11 – насос іннокулятора; 12 – розпилювач; 13 – шнековий розвантажувач; 14 – ємність для збору палива; 15 – повітря забірник.

Біогазовий реактор [4] (рис. 4) забезпечує безперервність процесу виробництва біодобрив та біогазу, але він також містить суттєвий недолік, а саме: колосникові решітки мають отвори, а це означає, що з біомаси, яка знаходиться на решітці буде видалятися волога. Коли маса переміститься на другу решітку реактора, вологи буде ще менше, а це негативно вплине на продуктивність реактора по виробництву біогазу.

Біогазовий реактор [5] (рис. 5) має спроектовану систему вивантаження біомаси, але використання шнеку для розподілу біосировини по реактору не дозволяє виконати це рівномірно, до того ж виконання перемішування призводить до спресовування біомаси.

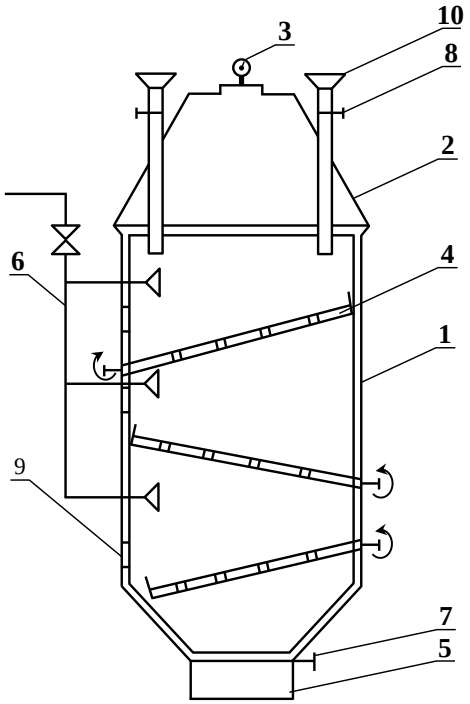


Рис. 4. Біогазовий реактор [4]: 1 – резервуар; 2 – ковпак; 3 – манометр; 4 – провальні колосникові решітки з вмонтованим нагрівником; 5 – ємність для збору біодобрив; 6 – труба споживача; 7 – заслінка; 8 – заслінки; 9 – оглядові вікна; 10 – шахти завантаження біомаси.

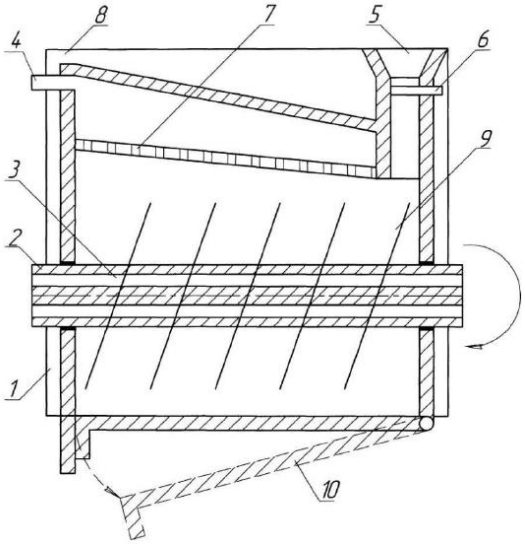


Рис. 5. Біогазовий реактор [5]: 1 – резервуар; 2 – вал; 3 – підігрівач; 4 – штуцер відведення біогазу до труби споживача; 5 – бункер завантаження; 6 – шиберна заслінка; 7 – захисна газорозподільна решітка; 8 – корпус; 9 – шнековий перемішувач; 10 – дно, яке шарнірно прикріплене до корпусу.

Існуючі комбіновані ферментери (рис. 6, рис. 7) [6, 7] працюють по одному принципу: є конструкційний елемент, на рис. 6 в установці для зброджування твердих та рідких органічних відходів це шнековий

транспортер, а в метантенку (рис. 7) – скребковий транспортер, які використовуються для завантаження і транспортування твердої фракції через рідкофазний реактор. Однак використання таких реакторів, при наявності значних об'ємів твердої біомаси, є неможливим.

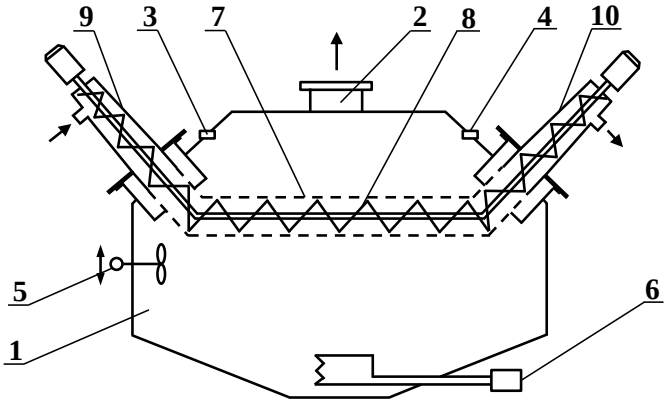


Рис. 6. Установка для зброджування твердих та рідких органічних відходів [6]: 1 – реактор; 2 – патрубок для виходу газу; 3 – патрубок завантаження рідких органічних відходів; 4 – патрубок вивантаження рідких органічних відходів; 5 – пристрій для перемішування; 6 – пристрій для підігріву; 7 – перфорована ємність; 8 – шнек; 9 – вузол завантаження твердих органічних відходів; 10 – вузол вивантаження твердих органічних відходів.

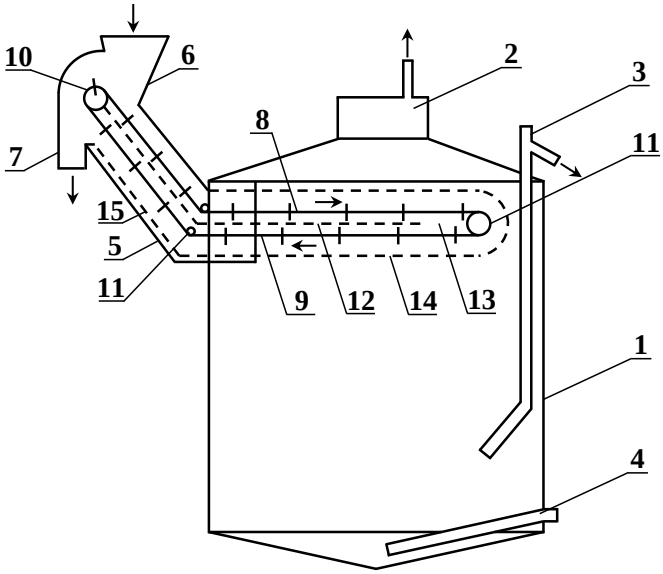


Рис. 7. Метантенк [7]: 1 – резервуар; 2 – газозбірник; 3 – патрубок зливу; 4 – патрубок спорожнення; 5 – змінний ланцюгово-скребковий завантажувально-розвантажувальний елеватор; 6 – патрубок завантаження; 7 – патрубок вивантаження; 8 – верхня гілка елеватора; 9 – нижня гілка елеватора; 10 – провідні зірочки; 11 – допоміжні бічні і кінцеві зірочки; 12, 14 – перфорована огорожа; 14 – перевантажувальне вікно; 15 – похила частина перфорованої огорожі.

Отже, аналіз існуючих конструкцій реакторів для твердофазної ферментації показав (табл. 2), що існують реактори періодичної та безперервної дії. Якщо це реактор періодичної дії, то до основних недоліків можна віднести його низьку продуктивність, а якщо безперервної – то це відсутність або недосконала система перемішування біомаси.

2. Основні вимоги до твердофазних реакторів та їх параметрів.

Тип реактора	Вимоги до параметрів реакторів					
	Ефективне перемішу-вання	Завантаження біомаси	Якісне видалення біомаси	Підтримання заданих темпера-турних режимів	Підтримання вологості субстрату	Рівень продуктивності
Лоткові	–	+	+	+	+	–
Багатофункціональні	–	–	–	+	+	+
Ступінчасті	–	+	+	+	–	+
Шнекові	–	+	+	+	–	–
Комбіновані	+	–	+	+	+	–
Лопатеві	+	+	+	+	+	+

Висновок. Аналіз існуючих конструкцій реакторів для твердофазної ферментації показав, що при розробці реактора потрібно враховувати різні механічні властивості субстрату (вологість, густина, однорідність субстрату) та його підготовку до зброджування, при цьому необхідно забезпечувати ефективне перемішування, якісне завантаження та видалення біомаси, безперервність процесу, стерильні умови упродовж процесу ферментації та підтримання заданих температурних режимів та вологості субстрату. Також необхідно відмітити, що в найбільшій мірі задовольняють вимоги твердофазного зброджування горизонтальні циліндричні реактори з лопатками для перемішування.

Список літератури

1. http://www.findpatent.ru/patent/223/2235767.html
2. *Свистунов А. И.* Классификация способов ферментации и ферментеров / *А. И. Свистунов* // Вестник НГИЭИ (серия технические науки). – 2013. – Вип. 10 (29). – С. 109–114.
3. *Патент* на корисну модель 47949 Україна. МПК (2009) C 02 F 101/30, C02F 11/04, C02F 3/00. Ферментер / *В. О. Кузьменко, С. В. Головченко, В. О. Єрмоленко* (Україна). – Заявка № u200910446 ; Заявлено 15.10.09 ; Опубл. 25.02.10.
4. *Патент* на корисну модель 21546 Україна. МПК (2006) C02F 11/04. Біогазовий реактор / *Г. С. Ратушняк, В. В. Дженджула* (Україна). – Заявка № u200610904 ; Заявлено 16.10.06 ; Опубл. 15.03.07.

5. *Патент* на корисну модель 34016 Україна. МПК (2006) C02F 11/04. Біогазовий реактор / *Г. С. Ратушняк, К. В. Анохіна, В. В. Дженджула* (Україна). – Заявка № u200801976 ; Заявлено 18.02.08 ; Опубл. 25.07.2008.
6. *Патент* на корисну модель 48079 Україна. МПК (2009) C02F 11/04, C02F 3/28. Установка для зброджування твердих та рідких органічних відходів з одержанням біогазу та добрива / *Г. Є. Мовсесов, О. О. Ляшенко, Т. В. Сюркалова* (Україна). – Заявка № u200908171 ; Заявлено 03.08.09; Опубл. 10.03.2010.
7. *Патент* на изобретение 2253631 Росия. Способ последовательного пофазного анаэробного сбраживания измельченных твердых органических отходов и метантенки для его осуществления / *Т. Я. Андрюхин* (Россия). – Дата начала действия патента: 2003.12.11.
8. *Терещенко Є. Є.* Дослідження процесу біосинтезу метану з харчових відходів [Електронний ресурс] / *Є. Є. Терещенко*. – 9 с. – Режим доступу до журн.: http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/19095.
9. http://blogs.korrespondent.net/blog/users/3332250-kharchi-v-smitnyk.
10. http://www.biteco-energy.com/vyhod-biogaza-iz-razlichnogo-syrya-2.

Аннотация. *В работе приведен анализ конструкций реакторов для переработки твердых органических отходов в биогаз и биоудобрение с указанием их конструкционных преимуществ и недостатков.*

Ключевые слова: ***реактор, твердофазная ферментация, биогаз, биоудобрение***

Annotation. *The analysis of reactor designs for processing solid organic waste into biogas and biofertilizer with their structural strengths and weaknesses is presented in work.*

Key words: ***reactor, solid fermentation, biogas, biofertilizer***

УДК 631.001.04

MODEL OF PARAMETRIC SYNTHESIS REHABILITATION AGRICULTURAL MACHINES

Ivan L. Rogovskii, Valentyna I. Melnyk

Annotation. *The paper gives an overview of techniques that are considered agricultural machinery as a whole – indivisible object and a complex structure of interacting units, as well as methods for determining the need for spare parts to specific technical means. The analysis of possible options for health system recovery architecture. Formation of the procedure of administrative decisions is a cyclic process of interaction and involves problem analysis and formulation phase,*

© Ivan L. Rogovskii, Valentyna I. Melnyk, 2016

the search phase and optimization of alternative solutions, implemented with the help of information support.

Key words: ***model, parametric, synthesis, rehabilitation, agricultural machine***

Introduction. In today's dynamic market conditions, increased competition, the complexity of the process control to the DSS meet the following requirements:

• analysis and integration of a number of external and internal sources of marketing, manufacturing and financial information;

• improving the efficiency of the analysis of the efficiency of production processes and prediction of their development;

• expanding the scope of the persons involved in the preparation and decision-making;

• automation of extraction of knowledge about the laws in the situation to make timely decisions, and others.

To implement these requirements are widely used data warehouses, operational systems and data mining.

Queueing Networks (QN) in the analysis of the characteristics of the technological processes of repair work most widely for the following reasons:

• widespread use of the principles of modularity and systematic approach when designing processes enables each stage of the procedure put in correspondence classes together are necessary for its implementation of the system resources;

• the repair and maintenance work is characterized by the stochastic nature of the flow of orders and maintenance processes;

• representation of the process of repair work can be represented as a sequence of steps resource applications maintenance system.

Analysis of recent research. Analysis of research scientists, especially Kurt Hoffman and review decisions of a number of major European and US manufacturers showed that the cost of maintaining and forming business maintenance and repair of agricultural machinery can be significantly reduced by centralizing inventory management, improve the accuracy of forecasting needs and the optimization saved nomenclature. The task of improving business processes and management techservice organizational structures in terms of stochastic settled in the papers of O. V. Sydorchuk, M. I. Chernovol, V. D. Voytyuk, V. A. Voytov, V. A. Didur and other authors [1–8].

Results of research. Using the terminology of the queuing system (QS), model analysis, in general, can be represented in the form of a closed or open queuing network with arbitrary laws revenue and service applications in the network nodes, the presence of logical conditions

(locks) with different service disciplines. This model of performance analysis is given by the tuple:

$$M=(Q, El, P, L, \omega, J, \Omega), \quad (1)$$

where: Q – set of nodes in the network; El = {1, ∞} – capacity applications of sources; P = {P^l} – set of stochastic transition matrices of applications on the network; P^l = {p^l_{ij}} – applications of transition probability matrix of type *l* in the *i* node at the *j* node of the network; $l \in L$; L – many types of applications; $\omega: Q \to \Theta$; Θ – the set of admissible SMO types of network nodes; J: $Q \times L \to B$, B = {$b_i(l)$, $\sigma_i^2(l)$} – a set of applications for determining the characteristics of the type l service network nodes, where $b_i(l)$, $\sigma_i^2(l)$ – average value and the variance of service time application *l* type in the *i* node; Ω = {0, 1, 2, 3, ...} – determines the presence or absence of a logical network environment – locks: 0 – no blocking; 1 – lock caused by the presence of the limited size of the buffer; 2 – lock caused by the simultaneous application of several occupation of network resources; 3 – lock caused by the restriction of the number of applications in a fragment of the network; ... – other types of locks.

Methods of analysis of this model in the framework of the QS are divided into exact, approximate, simulation, hybrid. The use of either method is determined by a random selection process used for the description and analysis of the system, its structure and type, the assumption of independence or dependence of random variables, view the distribution function.

In the most general form of model sets the relationship E = f (xi, yi), where E – the result of system operation; x_i – variables and parameters that can be controlled; y_i – variables and parameters that can not be controlled; f – functional relationship between x_i and y_i, which determines the amount of E. When forming technique based on simulation approach, the thesis adopted modeling technique including the following steps:

1. Definition of the system – the establishment of boundaries, limits and gauges the effectiveness of the system to be studied.
2. Formulation of the model – the transition from the real system to a certain logic (abstraction).
3. Data preparation – data selection, required to build the model, and present them in an appropriate form.
4. Broadcast model – description of model in some formal language.
5. Evaluation of adequacy – increase to acceptable level of granularity.
6. Strategic planning – planning of the experiment, which should give the necessary information.
7. Tactical planning – defining the method for each test series, provided the experimental plan.

8. Experimentation – the process of simulation to obtain the expected data and sensitivity analysis.

9. Interpretation – construction of entries from the data obtained by simulation.

10. Implementation – practical use of models and simulation results.

11. Documentation – registration of the implementation of the project and its results, as well as documentation of the process of creating and using models.

The procedure for implementation and a process flow diagram "Registration, accounting and control of the process (the milestones) of the order to repair components and assemblies" (Fig. 1). The main steps of the process are: the opening of the order for assembly or repair of the unit; acceptance unit or the unit for repair; Development of design and technological documentation; Dismantling and Troubleshooting; planning needs for spare parts; extract of materials and spare parts under the order; repair work; inspection and testing of STK, the transfer of goods to the warehouse and the order closing.

Responsible for the implementation of phase 1 of "Opening Order unit or repair the unit" is the production department. In step 2, it compiled a list of components and assemblies, sent for repair. In step 3, developed design and technological documentation for manufacturing parts (drawings, specifications, materials consumption rates, routings). Pass runs only when design documentation is missing. If BMR is already there, then, step 4.

At disassembly and Troubleshooting formed defect-fence bill, which includes a list of spare parts for repair or replacement, and appointed responsible (RMC). The main outcome of step "Material Requirements Planning" is to develop applications for warehouse, for the manufacture, repair of components and assemblies or applications provider for subcontract work.

Stage "Statement of materials and spare parts on order" to the production of materials and parts, issued to repair components and assemblies from a central warehouse. In the absence of the required materials or parts from the central warehouse is performed first process of goods and materials procurement. The result of the main phase of the "Repairs" are components and assemblies, renovated forces mechanical-repair shop. Then begins the stage of "testing and acceptance of STC" which determines the components and assemblies that have passed the test and acceptance of technical control services (STK), and the main technical and operational characteristics of the nodes identified by the tests. Then, the transfer of goods to the warehouse with the formation of consignment note, which is responsible for the mechanical repair shop, after the closing of the order occurs.

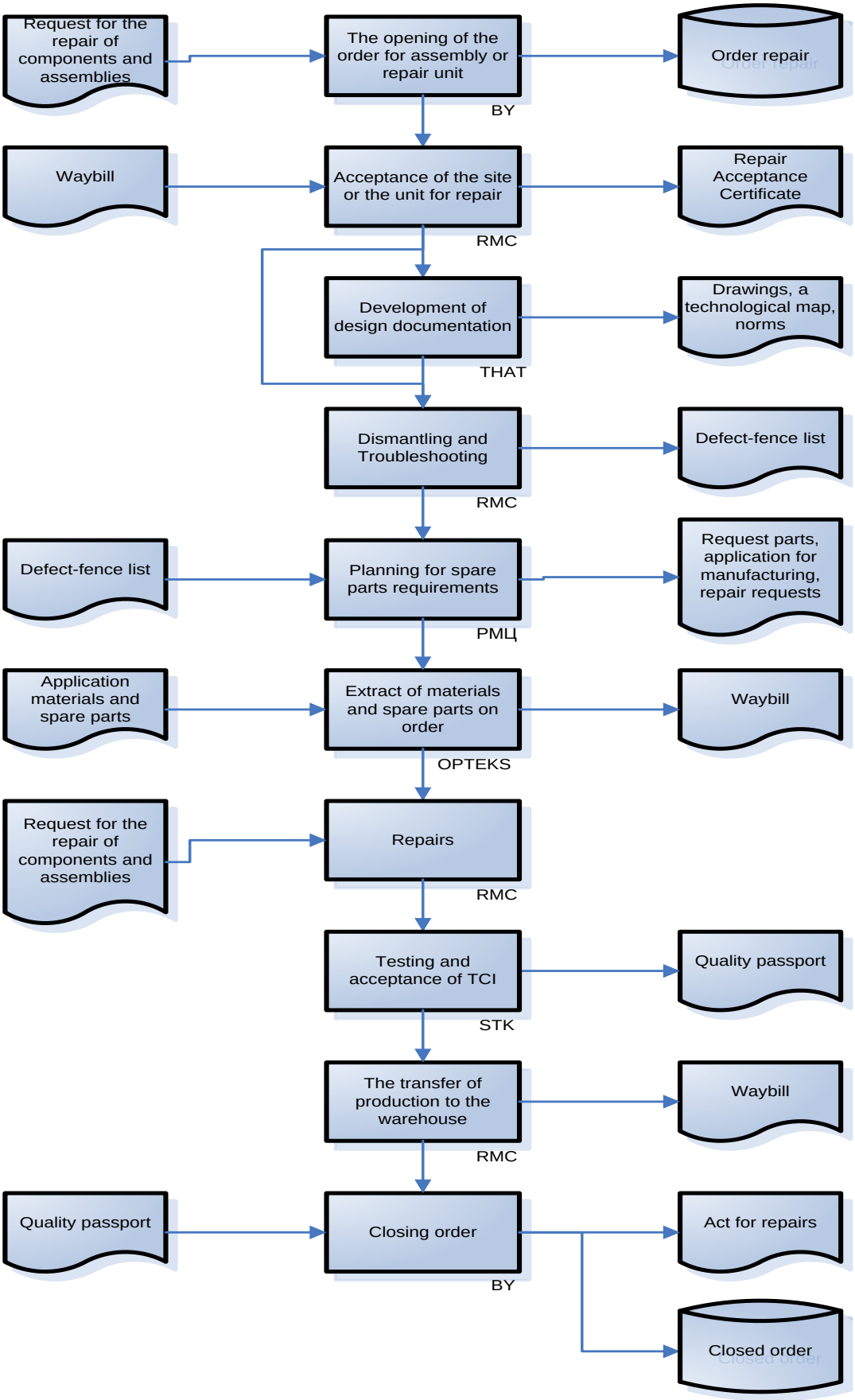
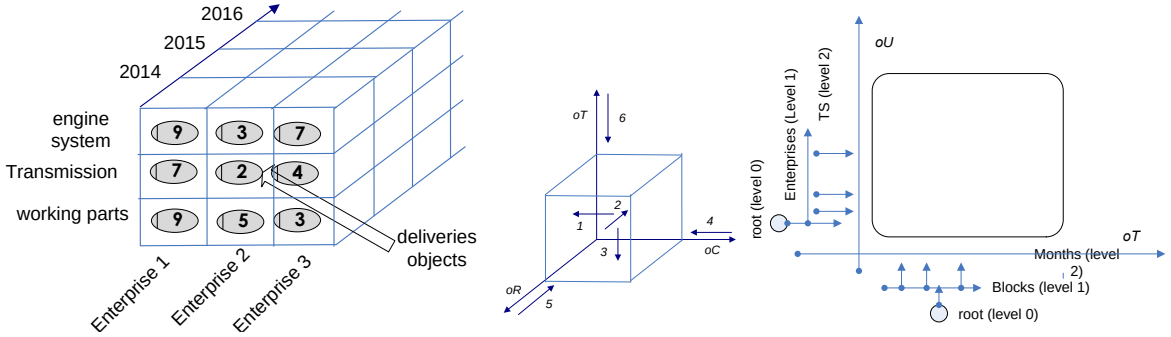


Fig. 1. Diagram of a process, registration, accounting and control of the repair order components and assemblies.

For statistical analysis applications on the data streams to the given OLAP-form with classification technology measures, dimensions, and cell sites (Fig. 2).



a) OLAP-cube b) subset of measurements c) measuring hierarchy

Fig. 2. Three-dimensional OALP-cube with simple measurements.

Indicators: *W* – volume orders (receipts) in monetary terms, *V* – the intensity of orders (receipts) – flow applications.

Measurements: Ntov – components, DCn – enterprise, Soft – application state, Tp – type of application, DG – Discount groups, PG – product groups, Obk – turnover code, Kpl – price list code, Modn – model, T – time.

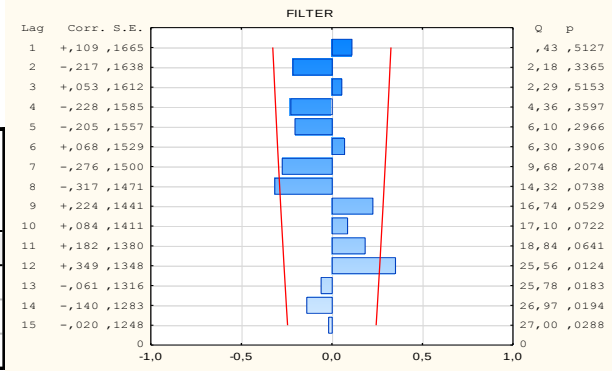
Objects: Sost – state of application [0 – not performed; 1 – is made; 2 – dealer's refusal; 3 – is not handled; 4 – reserve; 5 – treatment, not available; 6 – processing, incomplete cancellation]; Tp – type applications [1-S – warehouse, 2-T, W – operational, 4-A – Optional, 7-G – Guarantees MMC, 5-N-new condition – 3-V]; DG (PG) – Discount groups (product groups) [D – parts, M – Mechanical, E – electrician, R, X – consumables]; Obk – turnover code [1 – Fast, 2 – Middle, 3 – Low, 4 – Slow, 5 – Top]; Kpl – code price list [1 – spare parts, 2 – original option, 3 – option unoriginal, 4 – unoriginal, 5 – tires, 6 - technical liquids]; T – time dimension (available statistics from 2010 to 2016). For timeline – days, months, quarters, years – the most commonly used in the analysis. Cell – W – direct orders, V – the intensity of orders.

For parameterization of the generated work order model, the statistical analysis of the needs for spare parts and components, which allowed to assess a number of characteristics of the query stream. Demonstrated a significant correlation in the individual groups of parts (Fig. 3,a). Further, the analysis of time series autocorrelation functions (Fig. 3,b). Based on the analysis in the thesis the task of modeling time series with the set (obtained on the basis of statistics) correlation value of estimates and autocorrelation function.

To model input is selected then the distribution of the standard families of distributions that best describes the number of source data.

Variable	Means	Std.Dev.	AIR_REF	GASKET	FILTER
	Correlations (Rez_Sol_2_Kopp.sta) Marked correlations are significant at p < ,05000 N=33 (Casewise deletion of missing data)				
AIR_REF	14213,9	5843,13	1,00000	0,95639	0,98783
GASKET	20482,3	8065,38	0,95639	1,00000	0,96574
FILTER	20334,4	8275,62	0,98783	0,96574	1,00000

a) table of correlations



b) autocorrelation function

Fig. 3. Average monthly rate on main parts of queries.

The developed software environment function parameter setting allows the user to investigate the change in the characteristics of the simulated system, depending on the variation of the input properties of accidental exposure. For example, the gain or attenuation of the autocorrelation of the input data, reduction of the expectation, etc. At the entrance to the simulation model generated data sets are served with a variety of autocorrelation coefficients, the values of the expectation, etc. An algorithm for constructing the process model is shown in Fig. 4.

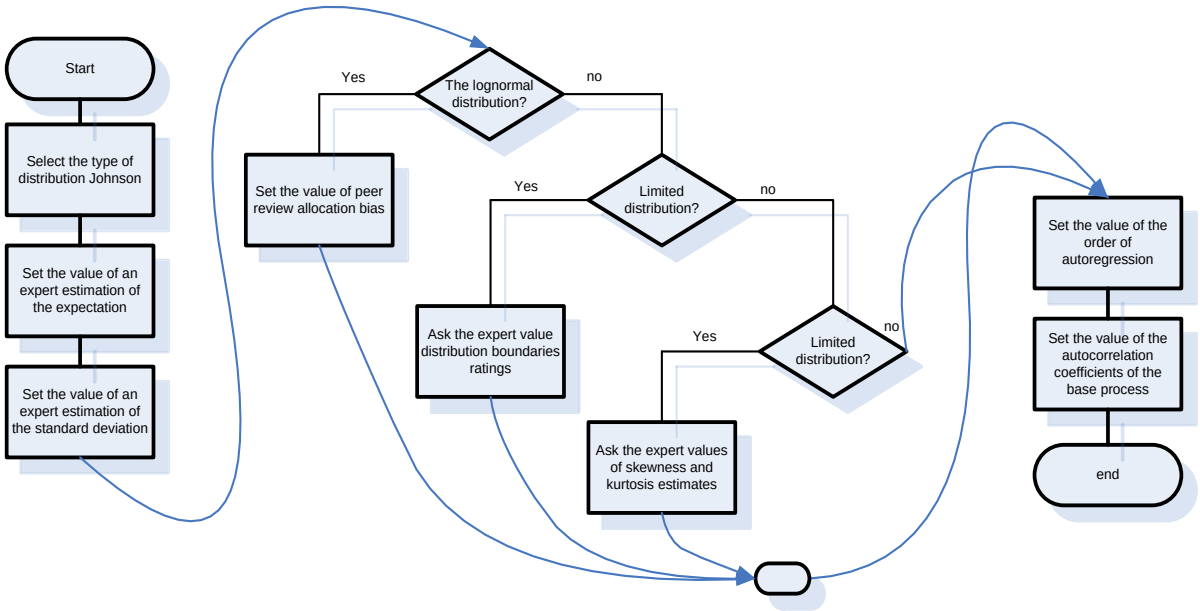


Fig. 4. Algorithm for constructing the process model.

Construction expert assessment of the process parameters for the algorithm leads to the formation of the model ARTA-process with the necessary parameters. To estimate the parameters for a given number $X_1, X_2, ..., X_n$ of known volume *n* algorithm is used, which is reduced to minimize the function:

$$S_D(\psi)=\frac{1}{(n-p)^2}\sum_{t=p+1}^{n}\frac{(n-p+1)^2(n-p+2)}{(t-p)(n+1-t)}\left(\Phi\left[V_{(t)}(\psi)\right]-\frac{t-p}{n-p+1}\right)^2, \quad (2)$$

where: $V_{(t)}(\psi)$ – order statistics:

$$V_t(\psi)=\frac{\gamma+\delta f\left[\frac{X_t-\xi}{\lambda}\right]-\sum_{h=1}^{p}\alpha_h\left(\gamma+\delta f\left[\frac{X_{t-h}-\xi}{\lambda}\right]\right)}{\sigma_Y^2}. \quad (3)$$

The order p autoregressive process and the type of distribution f-Johnson assumed given. The procedure involves the following steps:

1. Setting the order of autocorrelation p on the basis of the Schwarz criterion.

2. For each type of Johnson distributions are determined by:

2.1. initial values of the distribution parameters $\gamma, \delta, \lambda, \xi$.

2.2. initial values of the parameters $\alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_p$ as autoregression parameters on the basis of the system of equations:

$$\sum_{h=1}^{p}\alpha_h\rho_Z(h-k)=\rho_Z(k),\ k=1,2,...,p, \quad (4)$$

where: $\rho_Z(k)$ – underlying process autocorrelation coefficient k order.

2.3. minimum value of the function $S_D(\psi)$ on $\alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_p$.

2.4. conditional minimization function $S_D(\psi)$ on $\gamma, \delta, \lambda, \xi$.

2.5. if the stop condition $\left|S_D(\psi_k|x)-S_D(\psi_{k-1}|x)\right|\le S_D(\psi_{k-1}|x)\times\Delta$, where - priori given relative error is not satisfied, go to 2.3, otherwise go to 2.6.

2.6. posteriori value of the autocorrelation r order.

2.7. if r=p, then go to step 3, otherwise the task order autocorrelation r and go to 2.1.

3. Evaluate the adequacy of selected processes and the selection of the closest distribution on the basis of the consent of the test criterion.

Conclusions. The results obtained in the analysis of the results showed the presence of the seasonal nature of the cross-correlations between the volumes of individual businesses streams.

References

1. *Nosko P., Breshev V., Fil P.,* 2008: The concept of creating non-contact drive for working bodies in machines of various purpose / Polish Academy of sciences in Lublin TEKA Commission of motorization in agriculture. Volume VIIIA. – Lublin. – P. 126–133.

2. *W. Ruch and P. Ekman*, “The expressive pattern of laughter,” in Emotion, qualia and consciousness, A. Kaszniak, Ed., pp. 426–443. World Scientific Publishers, Tokyo, 2011.

3. *J.-A. Bachorowski, M. J. Smoski, and M. J. Owren*, “The acoustic features of human laughter,” Journal of the Acoustical Society of America, vol. 110, no. 3, pp. 1581–1597, September 2011.

4. *K. P. Truong* and *D. A. van Leeuwen*, “Automatic discrimination between laughter and speech,” Speech Communication, vol. 49, pp. 144–158, 2007.
5. *M. T. Knox* and *N. Mirghafori*, “Automatic laughter detection using neural networks,” in Proceedings of Interspeech 2007, Antwerp, Belgium, August 2007, pp. 2973–2976.
6. *Роговський І. Л.* Методологічність виконання технологічних операцій відновлення працездатності сільськогосподарських машин при обмежених ресурсах / *І. Л. Роговський* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2015. – Вип. 212, ч. 1. – С. 314–322.
7. *Мельник В. І.* Основні напрями розроблення системи технічних норм в ремонтному виробництві / *В. І. Мельник*, *І. Л. Роговський* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2015. – Вип. 212, ч. 1. – С. 223–229.
8. *Роговський І. Л.* Відновлення працездатності складальних одиниць сільськогосподарської машини / *І. Л. Роговський* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2015. – Вип. 159. – С. 224–232.

Анотація. *У статті виконано огляд методів, які розглядають сільськогосподарську техніку як єдине ціле – неподільний об'єкт і як складну структуру взаємодіючих агрегатів, а також методів визначення потреби в запасних частинах до конкретних технічних засобів. Проведено аналіз можливих варіантів архітектури системи відновлення працездатності. Формування процедури управлінських рішень є циклічний процес взаємодії і включає фази аналізу і постановки завдання, фази пошуку і оптимізації альтернативних рішень, що реалізуються за допомогою інформаційної підтримки.*

Ключові слова: ***модель, параметричність, синтез, відновлення працездатності, сільськогосподарська машина***

Аннотация. *В статье выполнен обзор методов, которые рассматривают сельскохозяственную технику как единое целое – неделимый объект и как сложную структуру взаимодействующих агрегатов, а также методов определения потребности в запасных частях к конкретным техническим средствам. Проведен анализ возможных вариантов архитектуры системы восстановления работоспособности. Формирование процедуры управленческих решений представляет собой циклический процесс взаимодействия и включает фазы анализа и постановки задачи, фазы поиска и оптимизации альтернативных решений, реализуемых с помощью информационной поддержки.*

Ключевые слова: ***модель, параметричность, синтез, восстановление работоспособности, сельскохозяйственная машина***

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НАУКОВИЙ ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ВИПУСК 241

Серія “Техніка та енергетика АПК”

Свідоцтво про державну реєстрацію
Серія КВ №17147 – 5917Р від 28.09.2010

Редактор І. Л. Роговський

03041, Київ-41, вул. Героїв оборони, 15

Здано до набору 24.02.2016 Підписано до друку 25.02.2016
Формат 60×84/16 Папір офсетний.
Наклад 100 прим. Зам. № 8266 від 27.01.2016

Редакційно-видавничий відділ НУБіП України
03041, Київ, пров. Сільськогосподарський, 4.
т. 527-80-49