

УДК 32-11:631.3

ЕВОЛЮЦІЯ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА В УКРАЇНІ

Сторожук Л.О., ст. викладач, **Пилипенко О.М.**, канд. техн. наук., доц.
(*Національний аграрний університет*)

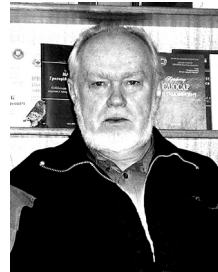
Мудрук О.С., канд. техн. наук, пров. наук. співр.
(*Центр історії аграрної науки Державної наукової сільськогосподарської бібліотеки*)

В статті определено, что каждое направление повышения технического уровня дробилок зерна происходило по отдельным периодам. Проведено анализ выполненных в Украине научных и технических разработок в XX ст. в хронологическом порядке.

In clause is certain, that each direction of increase of a technological level of crushers of grain is certain occurred on the separate periods. It is lead the analysis executed in Ukraine scientific and technical development in 20 century in the chronological way.

Підготовка кормового зерна для згодовування сільськогосподарським тваринам протягом історичного періоду розвивалась, видозмінювалась і вдосконалювалась у відповідності з організа-

кової та технічної діяльності і співставленні одержаних результатів розробленої зернопереробної техніки, зручно користуватись показниками технічних характеристик, в яких знаходить відображення



ційними і соціальними напрямками розвитку суспільства.

Напрямок механізації переробки зерна, як складова технічних наук, охоплює науково-технічну діяльність і матеріалізоване науково-технічне знання. В процесі розробки машин технічні знання вбирають в себе особливості наукових знань, будуючи на них, як на підґрунті, раціональні напрями та логічні схеми проектування. Виявлення особливостей та результативності наукової діяльності досягається розкриттям специфіки створеного нею продукту – знання, яке, в свою чергу, знаходить інтерпретацію в машинах та машинних технологіях. При аналізі нау-

рівень соціального розвитку суспільства. Соціальна природа технічних об'єктів, їх тісний зв'язок із змістом діяльності по-різному відображається тими чи іншими технічними показниками. Останні можуть розглядатись у вузькому технічному або технологічному змісті: потужність, продуктивність, коефіцієнт корисної дії, динамічні властивості, показники якості одержаного продукту. Характеристики такого змісту також виражають соціальну природу технічних об'єктів безпосередньо через рівень розвитку технології і предметної практики в цілому [5, С. 8,9].

Поряд з цими узагальненими показниками, що визначаються при перевірці

морфологічних показників машин, не менш важливо виділити функціональні напрями відображення технічних рішень, від яких залежать не лише цифрові показники машин, а й сукупність їх внутрішніх властивостей, які і формують досягнутий технічний рівень. Саме напрями спрямування наукових та конструкторських пошуків і дають оптимальні варіанти показників технічних характеристик

Щодо технічного стану забезпечення тваринництва засобами переробки зерна та соціальної ситуації, яка обумовлювала стан їх створення в ХХ ст., можна подати наступне. В кінці ХІХ ст. спостерігаються суттєві зміни в технізації переробки кормового зерна в Україні. Широке розповсюдження приводних двигунів (парових локомотивів та нафтових двигунів внутрішнього згорання) дало можливість переходу на застосування компактних подрібнювачів зерна, які базувались, в своїй більшості, на одному з чотирьох способів подрібнення: перетирання і розрив зубцями або штифтами, плющення вальцями, різання дисковими ножами та подрібнення ударом.

Практично у всіх технічних засобах того часу передбачалось виконувати лише одну основну технологічну операцію – подрібнення. В системі приводу застосовувались плоскостасові механізми з масивним веденим шківом, що одночасно служив і маховиком для компенсації нерівномірності опору в подрібнювальній камері. Більшість зернових подрібнювачів існуючого на Україні машинного парку були імпортовані з Західної Європи: Англії, Франції, Німеччини. Вітчизняні зразки спочатку виготовлялись кустарним способом, але з розширенням попиту на дробарки створювались більш потужні дільниці в складі машинобудівних підприємств Півдня України.

На початку ХХ ст. склались сприятливі умови для створення більш досконалих подрібнювачів зерна, зокрема молоткових дробарок, які в порівнянні з іншими способами подрібнення мали кращі

потенційні можливості з універсальності щодо видів кормів, енергонасиченості та довговічності. Основні зусилля науковців та спеціалістів з напрямку механізації процесів переробки кормів були направлені на пошуки фізичних способів подрібнення зерна і втілення їх результатів у конструкції машин.

Поряд з засобами для переробки зерна, що базувались на принципах стиску, розмелювання та сколювання, все більшої уваги приділяється руйнуванню зерна ударом. Як просте втілення цього процесу застосовувався шарнірно підвішений молоток. Науково обґрунтовувалась, практично відпрацьовувалась та апробувалась в реальних умовах виробництва придатність технічних рішень машинних операцій подрібнення, зокрема подрібнення ударом. Ці два блоки питань інтенсивно вивчались та опрацьовувались до 1914-1917 рр. Але в умовах наступного періоду невизначеності, руйнації і втрати багатьох творців наукового та технічного потенціалу ці науково-технічні плани не були завершені в належному вигляді. Господарства працювали, в основному, на використанні зразків техніки, які залишились з дореволюційного періоду.

Разом з тим, в країнах Західної Європи та США розробка і випуск зернопереробної техніки нарощувались. При цьому напрям був взятий на дрібнотоварне тваринницьке виробництво, яке тоді домінувало за кордоном.

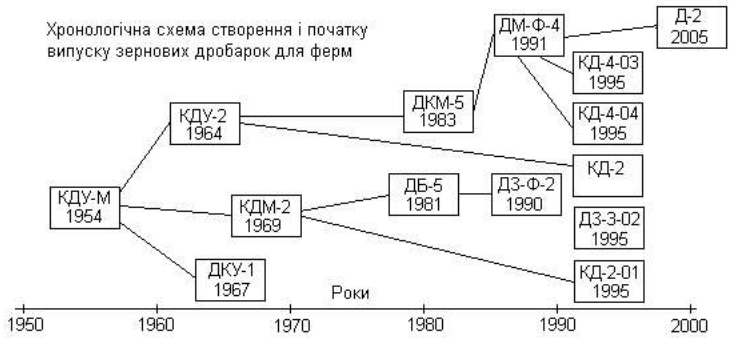
В кінці 30-х рр. ХХ ст. в СРСР в зв'язку з проведенням колективізації сільського господарства постало питання відновлення випуску зернових подрібнювачів. Розробка нових зразків подрібнювачів базувалась на попередньо вивчених принципах руйнування зерна. Науково-технічна база була слабкою і розробки в значній мірі виконувались з внесенням елементів технічних рішень, що вже набули застосування за кордоном. В цей період створені та поставлені на виробництво вальцеві подрібнювачі та плющилки, жорнові млини, молоткові дробарки.

Аналіз питомих показників роботи зернових подрібнювачів і їх потенційних можливостей поставив молоткові дробарки на домінуюче положення при виборі принципів побудови енергонасичених зернових подрібнювачів і комплектування їх приводами. Втім машини створювались на невелику продуктивність.

В середині ХХ ст. в Україні завдяки зміні соціальних умов на селі, а саме укрупнення колективних господарств, стало можливим утримувати в одному господарстві значне поголів'я тварин і будувати крупні ферми, а в подальшому і тваринницькі комплекси з індустріальною потоковою системою виробництва. Тобто створилась можливість переходу на крупнотоварне тваринницьке виробництво. Виходячи з цього, з одного боку, завдяки накопиченню технічних знань стало можливим механізувати, а на певних періодах і автоматизувати трудомісткі процеси в тваринництві, а з другого – були одержані відчутні досягнення у вивченні процесу годівлі тварин, що опираються на оптимальні ресурсозберігаючі технології. Поряд з цим відкриття нових родовищ природних енергоджерел та різке зростання видобутку нафти суттєво здешевило перевезення сільськогосподарської продукції і знизило вартість сільськогосподарських машин. Всі ці фактори сприяли зміцненню науково-технічної та виробничої бази для створення та випуску кормопереробної техніки як в Україні, так і за кордоном.

Хронологічна схема початку випуску зернових дробарок на Новоград-Волинському заводі сільськогосподарських машин та спадковість використаних в конструкціях дробарок технічних рішень приведена на рисунку.

Укрупнення тваринницьких ферм і прийнятий програмою напрямок на збільшення виробництва продукції тварин-



ництва поставив питання про необхідність створення зернопереробних машин нового класу: з переходом на електричний привід, з більш високою продуктивністю та з дооснащенням подрібнювачів механізованими пристроями для виконання допоміжних операцій. Застосування електричних двигунів в кормопереробних машинах давало можливість без особливих утруднень проектувати дробарки підвищеної продуктивності. Цей напрямок розробки машин знайшов відображення в конструкціях універсальних дробарок ДКУ-М, КДУ-2 та ДКУ-1, а також в конструкціях зернових дробарок КДМ-2 та КДМ-3. Домінуючим параметром продуктивності утвердилась величина 2-3 т/год [124; 163; 217]. Вона задовольняла типорозміри середніх тваринницьких ферм, яких в СРСР і зокрема Україні була більшість.

При вищих обсягах потреби зернового корму в господарствах використовувались молоткові дробарки номенклатури обладнання комбикормових заводів: ДДМ та А1-ДДП продуктивністю 5-7 т/год. Дещо згодом (1973-1984 рр.) в результаті нових досліджень процесу подрібнення зерна молотковою дробаркою, за рахунок впорядкування потоків повітряно-продуктового шару, виявилось можливим підвищити продуктивність дробарок до 4-5 т/год при збереженні попереднього двигуна – 30 кВт. Це були зернові дробарки ДБ-5 та ДМБ-5, а також універсальна ДКМ-5.

Для передачі енергії додатковим пристроям дробарок (живильники, доза-

тори, шлюзові затвори, вентилятори) на першій стадії створення дробарок підвищеної продуктивності орієнтувались на використання для їх приводу основного електродвигуна. Такий напрямок спонукав розробляти багатофункціональні системи передач від одного енергоджерела. Поряд з певними перевагами це створювало незручності при експлуатації механізмів та приводило до суттєвого зниження коефіцієнту корисної дії машини. Зважаючи на такий стан вже в 60-70-х рр. XX ст. в конструкціях дробарок почали використовуватися багатодвигунові електроприводи. Типовою з такого вирішення є дробарка ДКМ-5, в якій, крім основного двигуна для приводу молоткового ротора, також застосовано ще чотири електродвигуни: для приводу завантажувального та вивантажувального шнеків, для обертання камери живильника та для автоматичного переміщення дозатора зернового потоку.

Перехід на згодовування тваринам кормів в складі кормосумішок викликав необхідність проведення пошуків по створенню комбінованих машин, тобто одночасного виконання кормопереробною машиною декількох технологічних операцій. Приготування кормосумішок пов'язане з застосуванням подрібнення і змішування як основних операцій. Змішувачі машини не здатні виконувати процеси подрібнення. Аналіз технологічних процесів роботи подрібнювачів різних типів показав, що незважаючи на їх значну різновидність, лише молоткові дробарки можуть забезпечити одночасне подрібнення та перемішування кормових компонентів. Особливість створення таких подрібнювачів-змішувачів полягала у відпрацьованні інтервалу кінематичних параметрів та організації процесу переробки, при якому ці операції відбувається в раціональному режимі з дотриманням зоотехнічних вимог як до розміру частинок кормових компонентів, так і до однорідності одержаної сумішки. Проведені пошуки дали можливість розробити дро-

барки-змішувачі ДС-20 "Вінничанка" та ДИС-1М, а згодом більш вдосконалену конструкцію – ИСК-3, які застосовувались в лініях кормоцехів для великої рогатої худоби.

Зростання навантаження на кормопереробні машини за кількістю переробленого матеріалу поставило питання про підвищення їх довговічності та технологічної надійності. В першу чергу це стосувалось робочих органів дробарок – молотків та дек. В цьому напрямку, особливо щодо дослідження можливостей застосування різних конструкційних твердих матеріалів та їх композиційних поєднань для виготовлення молотків, було виконано багато робіт не лише в організаціях сільськогосподарського машинобудування, а й в співдружності з відповідними інститутами АН України. Але, незважаючи на відпрацьовані раціональні рекомендації, застосування зміцнених молотків не знайшло належного використання перш за все через їх високу вартість. Щодо дек камери подрібнення, то підвищення їх довговічності було вирішено шляхом проведення відбілювання чавунних заготовок дек.

Однією з природних тенденцій розвитку зернопереробних машин було підвищення робочих швидкостей, потужностей та крутних моментів. В XIX ст. в Росії динаміка технологічних машин майже не вивчалась. Перші дослідження стосувались саме сільськогосподарських машин. В основному розглядалися задачі кінетостатики, зрівноваження мас, підбору махових мас, та деякі питання крутильних коливань. Базові підходи при дослідженнях ґрунтувались на працях акад. В.П. Горячкіна [3, С. 7-29; 2, С. 134-152].

В середині XX ст. були проведені ґрунтовні дослідження динаміки зернопереробних машин, на основі яких були розроблені методики практичного розрахунку динамічних показників роботи дробарок. Таким чином, починаючи з шестидесятих років визначення динамічних режимів подрібнювачів можна було про-

водити вже на стадіях виконання проектно-конструкторських робіт.

Накопичення значної кількості технічних рішень з подрібнення кормового зерна, з одного боку, та розширення зон застосування подрібнювачів стосовно різних типорозмірів ферм і комплектації потокових технологічних ліній, з другого боку, привели до появи великої різноманітності машин з низьким коефіцієнтом повторності деталей, а відповідно і великої різноманітності заводської технологічної оснастки. Крім того, ускладнювались умови ремонту дробарок. Таке протиріччя, починаючи з 70-х років, вирішувалось шляхом побудови параметричних рядів однотипних подрібнювачів [11, С. 10-12].

Наукові та конструкторські основи створення типорозмірного ряду дробарок для подрібнення зерна і грубих кормів з продуктивністю від 1 т/год до 8 т/год були запропоновані Ф.С. Кірпічником [8, С. 117]. Але в зв'язку із зменшенням використання агрегатів для приготування вітамінного трав'яного борошна, які комплектувались молотковими дробарками, цей ряд дробарок був впроваджений лише частково. Дещо іншу направленість мав типорозмірний ряд молоткових дробарок, розроблений і впроваджений у виробництво М.Ф. Рожківським. Цей ряд призначався для подрібнення зерна, початків кукурудзи та інгредієнтів білково-мінеральних добавок і включав в себе 4 типорозміри дробарок з продуктивністю 3; 5; 10 та 30 т/год. [14, С. 17-19].

Для підвищення довговічності робочих органів зернових подрібнювачів, особливо при наявності в сировині металевих феромагнітних домішок, починаючи з середини ХХ ст. конструкції машин укомплектовувались магнітними сепараторами. Вони відділяли дрібні металеві включення, але не утримували більш крупні частинки: болти, гайки і т.п. Що ж до очистки сировини від твердих домішок мінерального походження, то прихо-

дилось застосовувати спеціальні очисні пристрої з власними приводами. Рациональним вирішенням цього питання можна вважати застосування пристроїв супутнього очищення зерна від твердих домішок в системах подачі матеріалу в камеру подрібнення: в шнекових конвеєрах, подавальних лотках, пневмопотоках. Використання пристроїв супутнього очищення спрощує конструктивне рішення і зменшує енергозатрати.

Створення подрібнювачів кормів довгий час було пов'язане з застосуванням індивідуального методу конструювання виробів. Основний його недолік в тому, що кожна новостворена машина розробляється як оригінальна, для якої всі елементи (крім купованих та уніфікованих) розробляються як можливі для використання лише в даній машині.

Значний резерв прискорення створення машин і спрощення їх виготовлення мав перехід від індивідуального до системного методу проектування, оснований на блочно-модульному принципі, при якому подрібнювачі komponуються із автономних, універсальних елементів (блок-модулів), що мають властивості взаємосумісності. При цьому блок-модулі повинні створюватись з врахуванням прогресивних конструктивних і технологічних рішень, відповідати вимогам надійності та довговічності. Впровадження блочно-модульного конструювання вимагає значної підготовчої роботи – створення елементної бази [4, С. 7-9]. В 80-х роках цей принцип був застосований при створенні комплекту дробарок ДМ-Ф-4, який складався із 4 одиниць уніфікованих машин.

Застосування решета в дробарках зерна, яке довгий час було єдиним типом технічного вирішення сепарації продуктів помелу, передбачало ступінчасту зміну розмірної характеристики продуктів помелу. Це часом не забезпечувало одержання потрібного розміру модуля помелу, а відповідно приводило до перевитрати корму тваринами. З початком розроб-

ки безрешітних дробарок з'явилась можливість перейти на безступінчасте регулювання якості одержаного продукту. Системи безступінчастого регулювання якості продукту передбачали або зміну напрямку подачі супутнього повітряного потоку на продуктовий потік при виході із камери подрібнення (дробарки ДБ-5 та ДМ-Ф-4), або регулюванням зазору між молотками і деками (дробарки типу ДМБ).

Суттєвим заходом підвищення технічного рівня зернових подрібнювачів було застосування систем автоматичного управління і керування їх роботою. Вперше система автоматичного керування подачі зерна в камеру подрібнення була розроблена Л.П. Дмитренко та П.В. Олійником і впроваджена в зерновій дробарці ДБ-5 (1981 р.), а дещо пізніше (1983 р.) була автоматизована універсальна дробарка ДКМ-5. В подальшому була розроблена багатоопераційна автоматизована система керування роботою дробарки з використанням мікропроцесора.

Оскільки в процесі експлуатації дробарок має місце зношування робочих органів, що впливає на якість продуктів помелу, то періодично необхідно було виконувати переналагодження режиму роботи, що в умовах виробництва не виконувалось. Детальне вивчення параметрів повітряних потоків в молотковій дробарці та управління ними дало можливість спроектувати камеру подрібнення таким чином, що в процесі зношування молотків відбувається саморегуляція продуктового та повітряних потоків, внаслідок чого стабілізується якість подрібнення, а при досягненні ступеня зношування до допустимої величини процес подрібнення припиняється. Ці технічні рішення знайшли впровадження в роздільній камері дробарки ДМ-Ф-4.

В 90-і роки значної ваги набули роботи з підвищення довговічності робочих органів і дробарок в цілому конструктор-

сько-технологічними методами. Такий напрямок в поєднанні з застосуванням деталей підвищеної довговічності дозволяє значно підняти наробіток дробарок, зменшити витрати на проведення технічного сервісу. Одним із прийомів, що знайшов впровадження в дробарках ДЗ-Ф-2, є застосування молотків, профіль яких сприяє покращенню взаємодії зерна з поверхнею робочих органів. Щодо зернових дробарок, то за останні 10-15 років відпрацьовано немало рекомендацій, які дають змогу внести відповідні пропозиції при конструюванні машин [9].

При зростанні швидкості молотків ефективність подрібнення покращується, однак різко зростають витрати енергії на вентиляційний ефект дробарки. Проведеними дослідженнями по підвищенню технічного рівня дробарок були визначені напрями утилізації енергії швидкісного потоку в камері подрібнення, результати яких впроваджені в дробарках ДЗ-Ф-2 та ДМ-Ф-4. Енергію швидкісного потоку використано на доподрібнення крупної фракції та сепарацію із потоку заданої фракції [6; 7]. Вказані результати наукових досліджень дозволили підвищити продуктивність дробарок на 20-30% та зменшити металомісткість на 15-20%. В конструкціях вказаних дробарок також застосована система механічної синхронізації подачі завантажувального шнека з продуктивністю дробарки.

Починаючи з середини 80-х років на Україні відбувається розукрупнення тваринницьких ферм. Відповідно використання на них існуючих засобів механізації, розрахованих на середні і крупні ферми, стало економічно збитковим. В зв'язку з такими обставинами постало питання про створення кормопереробних машин, пристосованих до зменшених добових обсягів кормів, але з використанням в них технічного рівня та кращих технічних рішень, які вже зарекоменду-

вали себе в умовах середніх ферм. Це вимагало перегляду існуючих структурних схем зернових дробарок та проведення аналізу відповідності розроблених конструктивних елементів та їх поєднання в машинах при менших характеристиках з металомісткості і енергомісткості. Проведені дослідження дозволили підібрати елементну базу і створити серію зернових дробарок, ефективних для застосування на малих фермах. Основним принципом створення вказаних дробарок стали: комбіноване проведення основних та допоміжних операцій, спрощення систем приводу, організація зручності технологічного обслуговування [10; 12].

В умовах малих ферм більш доцільними виявились дробарки з центральною подачею матеріалу, оскільки вони дозволяють організувати самозабір зернової сировини із сховищ, відділення домішок та вивантаження подрібненого продукту. Причому ці допоміжні операції можуть виконуватись за рахунок енергії пневмопотоків на вході в камеру подрібнення та на виході з неї без застосування додаткових електродвигунів. Дробарки з пристроями транспортування почали розроблятися в 90-і роки. Вони знайшли застосування як в складі потокових технологічних ліній приготування концентратних сумішок, так і як окремі машини.

Перехід на застосування при переробці зерна ресурсозберігаючих технологій завжди був обов'язковим при створенні подрібнювачів, але більш пильна увага до цього була звернена в 80-х роках. Законодавчою базою цього напрямку став розроблений на Україні стандарт обмежуючих за величиною параметрів дробарок і подрібнювачів кормів, в якому були вказані значення основних показників як для освоєних виробів, так і для нових розробок.

В кінці 90-х років питання всебічного переходу на ресурсозберігаючі технології стало особливо гострим в зв'язку з

підвищенням вартості енергоносіїв та металу. Такі розробки виконуються в двох напрямках: шляхом використання потенційних резервів технічних рішень, уже закладених в існуючих зразках дробарок, та пошуку технічних можливостей використання нових фізичних явищ подрібнення матеріалів. Щодо першого напрямку, то за останній час з'явилося декілька зразків дробарок, які мають покращені характеристики. Ресурсозбереження при переробці зерна вимагає визначення функціональних залежностей між якісними та кількісними показниками дробарки і питомими витратами енергії, металу та праці.

Тобто для створення можливостей розробляти перспективні конструкції зернових дробарок необхідно провести дослідження з енергетичного ресурсозбереження процесів подрібнення, зменшення затрат праці і полегшення функціональної зайнятості операторів та із зниження питомої металомісткості машин.

Викладені вище дані з розвитку зернопереробних машин свідчать, що в процесі їх технологічної та технічної доробки було використано багато раціональних доповнень, які в цілому дозволили підняти їх рівень, зменшити ресурсні витрати та автоматизувати процес переробки зерна. Таким чином, в сучасному узагальненому вигляді поняття “зернопереробна машина”, як і багато інших технологічних машин на сучасному етапі, може бути віднесене до рівня розвитку, визначеного акад. І.І. Артоболовським як “пристрій, створений людиною для використання законів природи з метою полегшення фізичної і розумової праці, збільшення її продуктивності шляхом повної або часткової заміни людини в її трудових і фізіологічних функціях” [1, С. 25, 26].

ЛІТЕРАТУРА:

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. / Очерки развития техники в СССР. Развитие машиностроения. Наука. – М.: 1970, с. 25, 26.
2. Горячкин В.П. Теория барабана. Собрание сочинений. т. 3. Колос. 1968, с. 134-152.
3. Горячкин В.П. Теория массы и скоростей сельскохозяйственных машин и орудий. Теория, конструкция и производство с.х. машин. т.1. – М.–Л.: Сельхозгиз. 1935, с. 7- 29.
4. Зайцев А.Н., Туриянский Л.И. Разработка блочно-модульных конструкций – перспективное направление в создании измельчителей и дробилок кормов. Актуальные вопросы разработки типажа измельчителей и дробилок для кормоприготовления. – К.: 1987, с. 7-9.
5. Иванов Б.И., Чешев В.В. Становление и развитие технических наук. – Л.: Наука. 1977, с. 8,9].
6. Исследование и разработка безрешетной зерновой дробилки для мелких ферм производительностью 2 т/час. ВНИИживмаш. (рукопись) – К.: 1988, 56 с.
7. Исследование и совершенствование безрешетной дробилки зерна, обеспечивающее повышение ее технического уровня. ВНИИживмаш. (рукопись) 1987, 92 с.
8. Кирпичников Ф.С. Унифицированный ряд дробилок для измельчения зерна и листостебельной массы. ВНИИживмаш (рукопись) – К.: 1980, 117 с.
9. Новицкий А.В. Підвищення безвідказності кормодробарок конструкторсько-технологічними методами на основі структурного аналізу їх надійності. Дисс. канд. техн. наук. (рукопис) – К.: 2001, 171 с.
10. Обґрунтування структурної схеми та основних параметрів, розробка типорозмірного ряду дробарок кормів для малих і фермерських господарств. – К.: НДІТТ НАУ, 2004, 149 с.
11. Пилипенко О.М., Гранаткін Ю.Г. Особенности разработки конструкций измельчителей и дробилок кормов. Актуальные вопросы разработки типажа измельчителей и дробилок для кормоприготовления. – К.: 1987, с. 10-12.
12. Пилипенко О.М., Павліченко Л.М., Чибис С.М. Аналіз і вибір принципових технічних рішень для застосування в конструкціях зернових дробарок малих ферм. / Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. Вісник ХДТУСГ. вип. 8, т. 2. Харків: 2001, с. 295-299.
13. Ревенко І.І., Мудрук О.С., Смиковський С.М. Подрібнювачі фуражного зерна на межі ХІХ–ХХ ст. та їх ринок на території нашої країни. Збірник праць ВДАУ, вип. 20. Вінниця: 2005, с. 125
14. Рожковський Н.Ф. Разработка прогрессивной технологии и создание семейства безрешетных молотковых дробилок для измельчения кормовых материалов. Актуальные вопросы разработки типажа измельчителей и дробилок для кормоприготовления.– К.: 1987, с. 17-19.