

УДК 631.331

## НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ МОЛОТИЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

І.П.Сисоліна, канд. техн. наук

*Кіровоградський національний технічний університет*

*Проведено аналіз існуючих технологій і конструкцій молотильних апаратів, запропоновано моделі функціонування молотильних апаратів в залежності від технології збирання урожаю і напрями по удосконаленню конструкції молотильного апарата.*

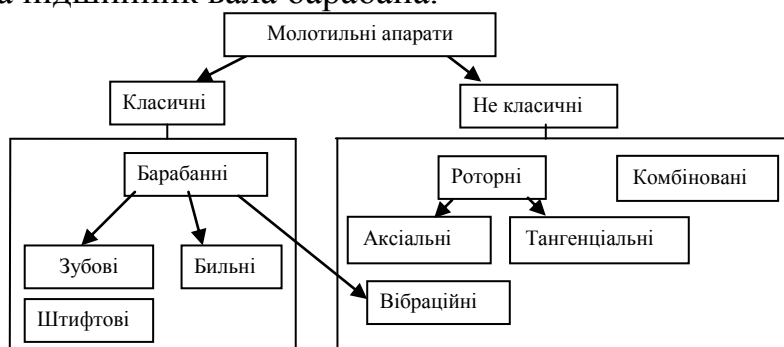
**Ключові слова:** зернозбиральні комбайни, молотильні апарати, енергоємність, моделювання, обчислення.

**Вступ.** На сучасному етапі розвитку Україна стикається з низкою проблем в сільськогосподарській галузі. Одна з основних - проблема збирання зернових культур на Україні, яка стає з кожним роком все гострішою. Парк вітчизняних зернозбиральних комбайнів зменшився в декілька разів і не відповідає нагальній потребі сільського господарства. Проте, зернові колосові культури в Україні займають провідне місце. Їх урожай відіграє основну роль в забезпеченні населення продуктами харчування, а промисловості – сировиною. Отже, питання знаходження шляхів забезпечення продуктивною вітчизняною технікою по збору урожаю зернових культур є актуальним.

**Проблема.** Найбільш енергоємним є процес обмолоту хлібної маси та подрібнення соломи. На підставі узагальнення даних про механіку обмолоту необхідно виділити фактори впливу на процес та можливості їх зменшення. При такому поданні можна покращити результат технологічного процесу обмолоту, збільшити продуктивність молотильного апарата.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Прагнення вчених і практиків підвищити продуктивність і якість молотильних апаратів привело до розробки і впровадження різних способів обмолоту, яких на даний час нараховується біля десяти видів. Вивченням цих питань на різних етапах розвитку технології процесів роботи молотильних апаратів займалися такі видатні вчені як В.Г. Антіпін, І.Ф. Василенко, В.П. Горячкін, А.Н. Гудков, М.І. Кленін, М.Н. Летошнєв, Л.В. Погорілий, М.А. Пустигін, Б.Г. Турбін та інші. Проте, вони так і залишаються не повністю вирішені. З метою проведення конструктивно-технологічного аналізу сучасних молотильних апаратів пропонуємо наступну їх класифікацію (рис.1). Класичні молотильні апарати барабанного типу поділяють на: зубові (штифтові) та бильні, які в свою чергу залежно від напрямку потоку хлібної маси у молотильний простір (між барабаном і декою) поділяються на поперечно-потоківі ((табл.1, а)

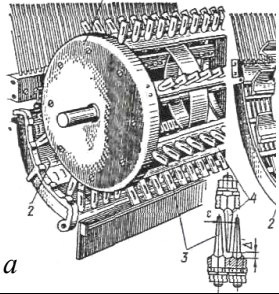
напрямок потоку хлібної маси збігається з віссю) й повздовжньо-потокові. На барабані бильного молотильного апарата встановлюють парну кількість бил (бичів) зі змінним напрямком ребер вліво, а потім вправо і т.п., що покращує дію бил на хлібну масу, запобігаючи збиванню її в один бік, зменшує осьовий тиск на підшипник вала барабана.



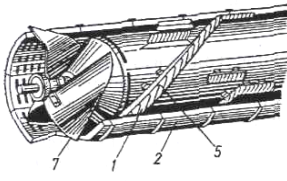
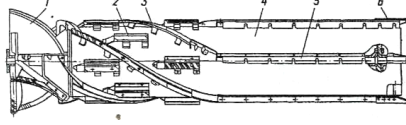
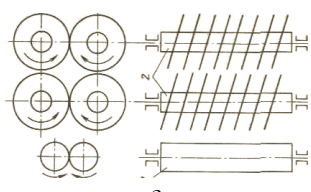
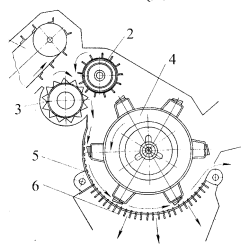
**Рис. 1.** Класифікація молотильних апаратів.

Вітчизняні комбайни „Славутич-9” мають однобарабанні молотильні апарати з клавішними соломотрясами, їх пропускна здатність у нормальних умовах роботи (при рівні втрат за молотаркою 1,5%) становить близько 9кг/с [1], тобто конструкції вітчизняних комбайнів потребують підвищення технічного рівня. Аналіз Європейського ринку зернозбиральних комбайнів свідчить, що домінують у продажу вдосконалені комбайни з класичною схемою молотарки [1]. В них інтенсифіковано процес сепарації зерна з зони обмолоту, підвищено рівень енергонасиченості, зменшено навантаження на комбайнера – задля зростання продуктивності праці при збиранні урожаю зернових.

Таблиця 1. Характеристика молотильних апаратів

Молотильні апарати	Сутність процесу	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
<p>Штифтовий (класичний)</p>  <p>1 – барабани; 2 – деки; 3 – штифти деки; 4 – штифти барабана</p>	<p>Хлібна маса подається до барабана, який обертається, захоплюється його штифтами або бичами і проходить деку</p>	<p>Спроможність штифтового молотильного апарата добре захоплювати хлібну масу підвищує продуктивність, покращує обмолот вологих і засмічених бур'яном хлібів</p>	<p>Значне подрібнення соломи під час обмолоту перевантажує очистку, що перешкоджає виділенню зерна, а також при обмолоті відбувається значне пошкодження зерна (макропошкодження)</p>
<p>Бильний поздовжньо-поточний (класичний)</p>	<p>Початкова частина барабана для цього має гвинтові лопати 7, які приймають хлібну масу</p>	<p>Значно менше подрібнюється солома й зерно, невелика кількість дрібного вороху потрапляє на очистку, що полегшує її роботу по виділенню зерна; можли-</p>	<p>Погіршення якості обмолоту та збільшення втрат при обмолоті хлібів довгостебельних і підвищеної вологості; порівняно невисока</p>

Продовження табл. 1

1	2	3	4
 <p style="text-align: center;">б</p> <p>1 – барабани; 2 – деки; 3 – штифти деки; 5 – бичі; 7 – лопаті</p>	<p>від транспортуючих пристроїв і передають її до молотильної частини барабана</p>	<p>вість обмолочувати технічні культури та насінників трав при нескладному переобладнанні молотильного апарата; задовільна якість обмолоту при нестабільній частоті обертання барабана</p>	<p>продуктивність; досить високий процент пошкоджень зерна (3...20% макро-, 40...60% мікропошкоджень [2, 3])</p>
 <p style="text-align: center;">в</p> <p>1 - лопать; 2 - прямолінійний бич; 3 - криволінійний рифлений бич; 4 - циліндр; 5 - прямолінійний гладкий бич; 6 - гладка планка</p>	<p>Один ротор з охоплюючим його нерухомим кожухом при взаємодії з декою (з рухомими і нерухомими ділянками, по обидва боки ротора), сепаруючою решіткою та спрямовуючим ребрами на внутрішній поверхні нерухомого охоплюючого кожуха</p>	<p>Ротор обмолочує, сепарує та переміщує хлібну масу у осьовому напрямку. У переході від зони обмолоту до сепарації розташований шнек, витки якого забезпечують розтягування та швидке переміщення хлібної маси, що зменшує втрати зерна в соломі</p>	<p>Підвищена енергоємність процесу обмолоту зерна; комбайн витрачає на 20...40% більше пального на 1т намолоченого зерна; молотарки ж більш уразливіші при потраплянні в них сторонніх предметів; нестійкість протікання процесу збирання вологих та довгостебельних хлібів; підвищена подрібненість соломи, що приводить до перевантаження очистки</p>
<p style="text-align: center;">Вібраційний</p>  <p style="text-align: center;">г</p> <p>1 - вальці; 2 - дискові барабани;</p>	<p>Притискні вальці, деформуючи зерно стebelну масу, подають її з постійною швидкістю до дискових барабанів, що обертаються [4]</p>	<p>Діючі, при високочастотних поперечних коливальних рухах, сили інерції руйнують зв'язок зерна з колосом, тим самим полегшують виділення зерна</p>	<p>Такі вібраційні барабанні апарати пошкоджують зерно: подрібнення – 0,5...2%, мікропошкоджень – 30...40% [5]. Процес супроводжується непродуктивними витратами енергії на обмолот, основна причина яких – нерациональний розподіл обмолочуваної маси енергії, направленої на виділення зерна з колоса</p>
<p style="text-align: center;">Новий (для обчисування)</p>  <p style="text-align: center;">д</p> <p>2, 3 – вальці, 4 – більший барабан, 5, 6 – ребриста глуха та решітчаста деки</p>	<p>Встановлено два вальці, глуха ребриста дека, один молотильний барабан і решітчаста дека [6]</p>	<p>Зменшення енерговитрат на роботу молотильного апарата та зменшення травмування зерна за рахунок щадячих режимів обмолоту хлібної маси в такому апараті</p>	<p>Не застосовується для звичайної технології збирання зернових культур</p>

Фірма обережно коригує відпрацьовані й перевірені практикою параметри основних робочих органів. Так, молотильні барабани з діаметром

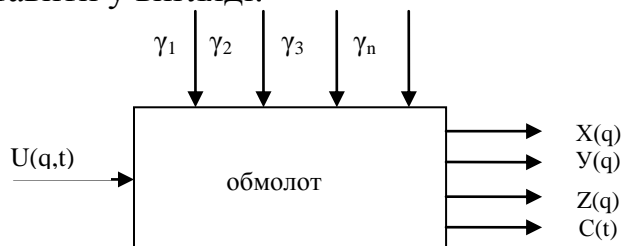
600мм установлюють на комбайнах майже всі фірми. Молотильні барабани з діаметром понад 700мм зустрічаються в молотарках класичного типу тільки в комбайнах КЗС-9 „Славутич” (700мм) та „Дон-1500” і „Дон-1200” (800мм) [1]. Зосереджують же свою увагу фірми на вирішенні такого недоліку як пропускна здатність комбайнів з барабаними молотарками, яку практично обмежують клавішні соломотряси. Зважаючи, що малопродуктивна сепарація грубого і дрібного вороху обмежує подальше зростання пропускної здатності комбайнів, провідні фірми частіш за все встановлюють додаткові роторні соломосепаратори. Це дає змогу підвищити на 10...20% продуктивність комбайна і виділити в молотарці 98,5...99% зерна, а решта його залишається в соломі й полові. Так, фірми „Massey Ferguson” (MF-34, MF-38), „New Holland” (TX-68) закріплюють між барабаном і роторним соломосепаратором бітер збільшеного розміру з підбарабанням, зберігаючи клавішний соломотряс. Фірми „Claas”, „John Deere” та інші застосовують соломорозпушувачі грабельного або роторного типу, які розміщують над клавішами, а також збільшують площу живого перетину в поверхні клавіш; кількість каскадів та висоту зубців, виготовляють клавіші без дна, збільшують амплітуду їхніх коливань завдяки збільшенню радіусів кривошипів колінчастих валів від 50 до 60мм і навіть до 70...80мм (АТ „Ростсільмаш”), або замінюють клавішні соломотряси на аксіально-роторні соломосепаратори. Так, фірми „John Deere” в комбайнах СТС, „Claas” в комбайнах „Lexion-480” два аксіально-роторних сепаратори грубого вороху встановили перпендикулярно до осі молотильного барабана, а „New Holland” в комбайнах ТФ - паралельно. Це забезпечило підвищення пропускної здатності молотарки, наприклад комбайна „Lexion-480”, до 20кг/с [1]. За результатами випробувань, проведених у Німеччині, на збиранні ячменю з урожайністю 95ц/га комбайном „Lexion-480” було намолочено 38,5т/год. зерна, а при збиранні озимої пшениці (80ц/га, співвідношення зерна до соломи 1:0,89) - 30т/год., при втратах зерна 0,5%. Отже, їх перевага полягає в інтенсифікації виділення зерна із грубого вороху. Дослідження багатороторних молотильно-сепараційних пристроїв зернозбиральних комбайнів, з однаковими конструктивними параметрами, – дво- і трироторних (без клавішного соломотряса) показали, що трибарабанна молотарно-сепараційна система з активною пневмоочисткою підвищує пропускну здатність комбайна (КЗС-9 „Славутич”) до 13,8кг/с при рівні втрат 1,16% [1]. Всі ці конструкційні рішення спрямовані на інтенсифікацію процесу сепарації грубого вороху. Застосування соломосепараторів роторних забезпечує максимальне (до 95%) виділення зерна із соломи в зоні його обмолоту. Проте, ускладнення конструкції зменшує можливість її поширення (як у фірми „Class” в серії „Commandor” з восьмироторним соломосепаратором). Конструкції аксіально-роторних молотильно-сепараційних пристроїв дуже різноманітні, вони більше застосовуються ніж тангенціальні. Такі пристрої розміщують уздовж поздовжньої осі комбайна

або поперек. Зменшення загальних лінійних розмірів таких пристроїв дає змогу, при зберіганні допустимих лінійно-масових характеристик комбайна, поліпшити його технологічну схему, підвищивши пропускну здатність, спростити механізми приводів. Зокрема, створення таких пристроїв з тангенціальною подачею хлібної маси дає змогу створювати на їхній основі блочно-модульні зернозбиральні агрегати. У ВТ „Гомсільмаш” було створено такий комбайн на базі універсального УЕЗ-250. Такі комбайни менше пошкоджують зерно (у 3...5 раз) ніж штифтові та бильні апарати, можуть працювати на полях зі схилом, тому що хлібна маса, яка обмолочується, переміщується під дією ротора, а зерно сепарується під дією відцентрових сил більше часу, що дає додатковий ефект. В комбайнах з молотарками комбінованого типу для усунення значного подрібнення соломистого вороху застосовується дво- або трирівнева система розподілення половини. Крім того, існують молотильні пристрої, засновані на вібраційному принципі обмолоту. Відзначимо, що вібраційний обмолот є мало вивченим. Вібраційний рух характеризується коливаннями з малою амплітудою, але з великою частотою і дозволяє отримати значне прискорення, і відповідні сили інерції, які розподіляються пропорційно до мас, що рухаються. При чисто вібраційному обмолоті розрушення зв'язків зерна з колосом відбувається під впливом тільки інерційних сил при створенні резонансної частоти. Технічно досягти цього дуже складно, при забезпеченні ще й високої продуктивності. Тому є різні конструктивні рішення в цьому напрямі. Так, Харківським інститутом механізації і електрифікації сільського господарства сумісно з Харківським сільськогосподарським інститутом ім. В.В. Докучаєва було розроблено вібраційний молотильний пристрій для обмолоту зернових, бобів і круп'яних культур, для зернозбирального комбайна „Нива” (табл.1, 2), який пройшов лабораторні випробування [4]. Обмолочувана маса, в ньому проходить через міждисківі простори і унаслідок положення площин дисків, що безперервно змінюються, створюючи високочастотні поперечні коливальні рухи. Удар по зерностебельній масі є максимальним для більшої повноти вимолоту зерна. Аналіз конструкцій основних моделей сучасних складних зернозбиральних комбайнів показує, що майже 80% енергії, яка йде на обмолот, витрачається безпосередньо на зім'яття і подрібнення стебел соломи, їх розрив, тобто на некорисну деформацію соломи [1]. Інтенсифікацію процесу обмолоту проводять також за рахунок циклів і сили впливу робочих органів на хлібну масу – довжини і кута обхвату деки, частоти обертання барабана та лінійної швидкості бічей, але принцип їх роботи залишається такий самий, тобто зерно виділяється від колосу без всякого перерозподілу енергії в масі, що обмолочується. Отже, найбільш перспективним спрямуванням є створення машин для збирання зернових, це принцип подачі хлібної маси до молотарки з мінімальним вмістом в ній стебел соломи, щоб зменшити витрати енергії на вимолот (відсутні стебла соломи), пом'якшити режим роботи молотарки для відділення зерна від колоса (для відокремлення зерна пшениці від колосу

необхідно зусилля 0,25...3Н [5]), що значно зменшить його пошкодження, одночасно підвищити продуктивність цих машин і спростити їх конструкцію [7]. За принципом обчисування колосків на кореню понад 35 років зі змінною активністю апробуються в Англії, Німеччині, Франції, Швеції й інших країнах так звані стріппери, які суттєво спрощують комбайни, зменшують їх масу і енергомісткість. Ще у 1990р., на випробуваннях в Англії, комбайн з очесу „Commandog-228” фірми „Claas” з її ж хедером встановив рекорд по продуктивності, намолотивши за день 358т зерна з площі 44,5га. Середня швидкість комбайна - 9,3км/год., що практично не можливо при роботі з традиційним хедером. Наголосимо, що в Україні почали виробляти двобарабанні обчисуючі жниварки „Слав'янка” (УАС-5 та УАС-7), що агрегуються з комбайнами СК-5-М „Нива”, „Єнисей 1200”, Дон 1500.

**Мета досліджень.** Процес обмолоту з врахуванням факторів впливу, знаходження шляхів по удосконаленню конструкцій молотильних апаратів задля впровадження у вітчизняне виробництво.

**Результати досліджень.** Обмолот є процесом виділення зерна з хлібної маси. Розглянемо класичну багатовимірну модель функціонування молотильного апарата в загальному вигляді як процес: вхідні елементи (хлібна маса), впливи на неї, зокрема, складовими елементами молотильного апарата, що очищують зерно, та результат (зерно очищене якісне ( $X(q)$ ), зерно очищене травмоване ( $Y(q)$ ), зерно недоочищене ( $Z(q)$ ), ворох разом з соломною ( $C(t)$ )), який можна представити у вигляді:



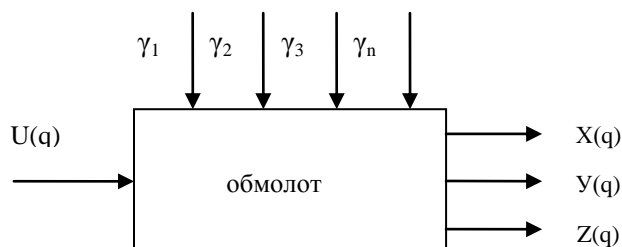
**Рис.2.** Модель функціонування молотильного апарата.

На процес обмолоту впливає цілий ряд факторів – вологість хлібної маси ( $\gamma_1$ ), швидкість її подачі ( $\gamma_2$ ), швидкість руху ( $\gamma_3$ ) тощо. На основі апріорного аналізу моделі технологічного процесу молотильного апарата деякі малозначні чинники можуть не враховуватися. Опишемо за даною моделлю результат обмолоту загальною формулою:

$$P(q,t)=\{X(q),Y(q),Z(q),C(t)\} \quad (1)$$

При проведенні моделювання даного процесу необхідно враховувати вплив різних факторів на імовірнісний характер результату. Відповідність моделі об'єкту аналізу встановлюється на основі вибраного критерію наближення показників моделі і об'єкту, і враховує можливі відхилення, тобто з урахуванням методу ідентифікації А.Б. Лур'є [8]. Для покращення процесу обмолоту при зернозбиранні необхідно скористатися технологією обчисування колосків на кореню. В такому разі багатовимірну модель функціонування молотильного апарата (рис. 2) можна спростити, оскільки

при обчісуванні ворох разом з соломною є в певних не значних межах, менш залежить від впливу факторів, тому ним можна знехтувати. Процес, в такому разі, як: вхідні елементи (хлібна маса – колоски з зерном), впливи на неї (очищення зерна) та результат (зерно очищене якісне, зерно очищене травмоване, зерно недоочищене), можна розглянути у вигляді:



**Рис. 3.** Модель функціонування молотильного апарата для технології обчісування.

При цьому після обмолоту зерно очищене травмоване та зерно недоочищене, в загальній сумі результату, зводиться до мінімуму. На наш погляд, не тільки необхідно застосовувати при зернозбиранні технологію обчісування, але й впроваджувати молотильний апарат, з врахуванням особливостей такого процесу. Пропонуємо конструкцію молотильного апарата (табл.1, д), що включає встановлення двох вальців і глухої решітчастої деки, і тим самим вплине на зменшення енерговитрат на процес обмолоту зернового вороху та зменшення травмування зерна.

**Висновки.** Отже, враховуючи наведене вище, напрямок створення машин по збиранню та обмолоту тільки колосової частини врожаю зернових культур є перспективним і більш доступним для освоєння на Україні ніж розробка і освоєння конструкцій зернозбиральних комбайнів (перспективний парк яких в Україні повинен становити 48 тис. шт. [9]). При цьому, важливим є розробка і впровадження конструкції молотильного апарата, що враховує особливості зернозбиральних комбайнів обчісуючого типу. Таким чином, завдяки запропонованому напряму удосконалення конструкції молотильних апаратів можна досягти збільшення продуктивності їх праці.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Ковалю.- К.:Аграрна наука, 2004.- 396с.
2. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн. 2. Машини для рільництва / П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Сало; за ред. Черновола М.І.- К.: „Урожай”.- 2002.-362с.
3. Ефремов Ю.Н. Многоконусный вальцовый молотильный аппарат / Ю.Н. Ефремов, Р.Б. Ширвонов // Техника в с.-х.-1991.- №4.- С.15-17.
4. Нагаев В.М. Теоретические предпосылки создания виборообмолачивающего устройства /В.М.Нагаев // Техника в с.-х.- 1991.-№6.-С.40-42.

5. Нагаев М.Н. Снижение повреждения зерна при обмолоте /М.Н. Нагаев // Механизация и электрификация с.-х.-1987.-№9.
6. Деклараційний патент на винахід 62309 А України. Молотильний апарат / Сисолін П.В., Погорілий Л.В., Коваль С.М., Іваненко І.М., Лузан П.Г., Сисоліна І.П. - Опубл. 15.12.2003.- Бюл. №12.
7. Сисолін П.В. Комплекс нових сільськогосподарських машин для зменшення втрат врожаю при вирощуванні та збиранні зернових колосових культур на Україні / П.В. Сисолін // Техніко технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для с/г України. Збірник наук. пр. - Дослідницьке. - 2001.-Вип.4.
8. Лурье А.Б. Методология и основные принципы автоматического контроля и управления технологическими процессами сельскохозяйственных машин / А.Б. Лурье // Автоматический контроль и управление технологическими процессами мобильных агрегатов сельскохозяйственного производства: Сб.науч.тр. / ЛСХИ.- Л., 1986.-С.4-11.
9. Кравчук В. Парк зернозбиральних комбайнів України: стан і прогноз розвитку / В. Кравчук, В. Погорілий, В. Занько // Наук.-виробн. журнал. Техніка і технології АПК.-№ 10 (25).-ДП «УкрЦВТ»: ТОВ РІА «БЛІЦ», 2011.-С.6-11.

## НАПРАВЛЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МОЛОТИЛЬНЫХ АППАРАТОВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

И.П.Сысолина

**Ключевые слова:** *зерноуборочные комбайны, молотильные аппараты, энергоёмкость, моделирование, очес.*

Резюме

*Проведен анализ существующих технологий и конструкций молотильных аппаратов, предложены модели функционирования молотильных аппаратов в зависимости от технологии уборки урожая и направления по усовершенствованию молотильного аппарата.*

## WAYS OF IMPROVEMENT OF THRESHING MACHINES OF COMBINE HARVESTERS

I.P. Sysolina

**Keywords:** *combine harvesters, threshing machines, energy consumption, design, combing.*

Summary

*The analysis of existent technologies and constructions of threshing machines is conducted, models of functioning of threshing machines is resulted depending on technology of harvesting and ways of improvement of threshing machine.*





**РЕЦЕНЗІЯ**

на статтю

**«НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ МОЛОТИЛЬНИХ АПАРАТІВ  
ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ»**

к.т.н., доц. КНТУ Сисоліної Ірини Петрівни

Наукова стаття, що рецензується до друку, присвячена вирішенню актуальної проблеми збирання зернових культур на Україні.

Автором проведено аналіз існуючих технологій і конструкцій молотильних апаратів, приведено узагальнене моделювання процесу обмолота і запропоновано підвищити ефективність процесу обмолоту, зменшити енерговитрати, через застосування технології збирання урожаю шляхом обчісування. Для цього запропоновано нову конструкцію молотильного апарата.

Стаття відповідає вимогам ВАК України до наукових публікацій у фахових виданнях і рекомендується до друку.

К.т.н., доц.  
кафедри сільськогосподарського  
машинобудування Кіровоградського  
національного технічного університету



Осипов І.М.

Підпис Осипова І.М. завіряю  
Начальник відділу кадрів КНТУ



Головінський М.Г.