

УДК 631.363:631.354.2.001

**В.Ф. Кузьменко, канд. техн. наук**

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»*

## Стан та тенденції зміни основних робочих органів кормозбиральних комбайнів

Наведено аналіз схем сучасних кормозбиральних комбайнів, систематизовано основні параметри різально-транспортуючих органів комбайнів та встановлено тенденції їх розвитку.

**комбайн кормозбиральний, барабан різальний, доподрібнювач, прискорювач**

**Проблема.** Основну масу кормів (сінаж, силос) для ВРХ заготовляють з використанням кормозбиральних комбайнів. Собівартість цих кормів має бути мінімальною для забезпечення конкурентоздатності тваринницької продукції. Обираючи комбайн, окрім інших факторів, слід звертати увагу на характеристики їх основних робочих органів, щоб уникнути швидкого морального старіння техніки.

В Україні поширені причіпний комбайн КПП-2,4, самохідні комбайни КСК-100 та «Марал-125» різних модифікацій. Вказані комбайни не забезпечують сучасні вимоги доподрібнення зерна при заготівлі кукурудзи воскової стиглості, тому серед парку кормозбиральних комбайнів до 10 % складають потужні комбайни виробництва Білорусі, Росії, Німеччини, США. Різноманітність конструкцій, наявність комбайнів різної продуктивності, посилення вимог до якості подрібнення, економічні вимоги до собівартості збирання стеблових кормів ставлять питання про обґрунтованість та перспективність як технологічних схем комбайнів, так і конструкційних рішень їх основних робочих органів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Основи теорії процесів, виконуваних кормозбиральними комбайнами, викладено в монографіях Н.Е. Резника [1, 2] та роботах інших дослідників [3, 4, 5, 6, 7]. Однак розвиток технологій заготівлі стеблових кормів, намагання покращення конструкції комбайнів призводять до зміни окремих елементів конструкцій [8, 9, 10, 11, 12]. Так, з ринку зникли силосозбиральні комбайни, призначені для заготівлі силосу із товстостеблових культур, а використовуються кормозбиральні комбайни, пристосовані як для заготівлі кормів із товстостеблових культур, так і з травостоїв та валків.

Основними функціями кормозбирального комбайна є скошування – підбирання маси, подрібнення та вантаження її у транспортні засоби. Скошування – підбирання проводиться з використанням спеціалізованих змінних адаптерів, а спільним для всіх операцій є подрібнення та вантаження транспортних засобів.

**Мета досліджень:** аналіз технологічних рішень сучасних самохідних кормозбиральних комбайнів, особливостей конструкції їх основних робочих органів та визначення тенденцій їх розвитку.

**Результати досліджень.**

Для заготівлі сінажу самохідні кормозбиральні комбайни обладнують універсальними підбирачами барабанного типу з шириною захвата 1,6-4,2 м. Фірма «Кроне» випускає підбирач в якому відсутня направляюча доріжка для керування

поворотом пальців [10]. Пальці встановлено під незмінним до радіуса барабана кутом. Це дає змогу підвищити як надійність, так і робочу швидкість підбирача.

Для скошування трав використовуються сегментно-пальцеві жатки шириною захвата 4-6 м. Однак із-за низької робочої швидкості для потужних комбайнів фірми «Клаас», «Кроне» випускають нижньоприводні ротаційні жатки шириною захвата до 6,2 м [9, 10], що дозволяють працювати на швидкостях до 15 км/год. Особливостями жаток є наявність звужуючого шнека діаметром 0,9 м [10] та ротора-мотовила з гнучкими лопастями [9], що забезпечує надійне транспортування маси.

Для скошування високостеблових культур використовувалися платформенні жатки. Однак збільшення висоти кукурудзи до 4 м з ростом урожайності призвели до появи ротаційних жаток. Спочатку це були двобарабанні жатки. В таких конструкціях нижній (ножовий) диск обертався із підвищеною швидкістю, забезпечуючи скошування всієї стеблової маси, а верхні диски (барабани) подавали скошені стебла до приймальної горловини. Двороторні жатки, вирішуючи питання збільшення робочої швидкості комбайна не дозволяють збільшити ширину захвата понад 3,6-3,8 м. Збільшуючи ширину захвата фірми «Кемпер», «Клаас» [9] почали випускати чотири-, шести- та восьмироторні жатки із плоским транспортуємим диском. Складний привод, значна кількість роторів спонукали фірму «Кроне» розробити гаму конвеєрних жаток шириною захвата до 10,5 м з переміщенням ножів за допомогою ланцюга [8, 10]. Використання широкозахватних жаток дозволяє рухатися повільніше та зменшувати число проходів по полю.

Живильно-подрібнюючі апарати кормозбиральних комбайнів (рис. 1) можна класифікувати по кількості живильних вальців, конструкції різального барабана, наявності доподрібнюючих пристроїв та прискорюючого пристрою для викидання.

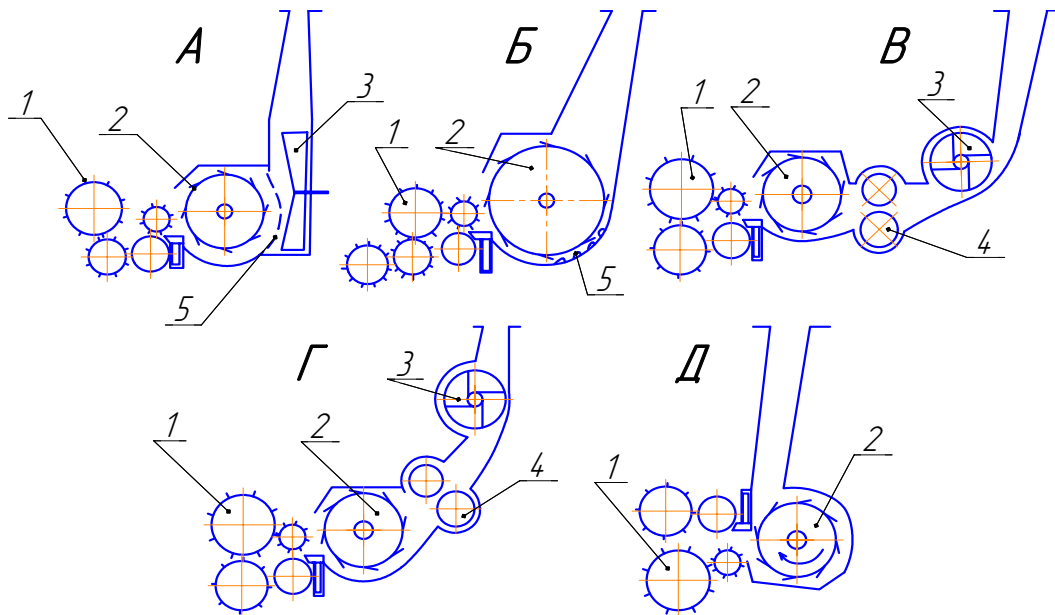
Число живильних вальців залежить від місця розташування вивантажувальної горловини жатки (підбирача) комбайна та приймальної горловини барабана. Воно коливається в межах від 8 у Є-281 «Марал-125» до 4 у «Ягуара» восьмисотої серії. Вальці, подаючи масу в різальний барабан з різною заданою швидкістю дозволяють регулювати довжину різки. Якщо осі нижніх вальців встановлені нерухомо, то осі верхніх вальців встановлюються підпружинено з можливістю переміщення, що дає можливість пропускати потік маси різної товщини.

В кормозбиральних комбайнах з ростом продуктивності відмовилися від дискових різальних апаратів, оскільки вони не забезпечували необхідну пропускну здатність із-за малої ширини приймальної горловини. Більшість комбайнів з дисковим різальним апаратом використовуються сьогодні в причіпному варіанті.

Замінивши дисковий різальний апарат на барабанний, від ротора діаметром близько 1000 мм з трьома і більше кидальними лопатками не відмовилися (схема А, рис. 1). Така конструкція дозволяє використовувати прохідні (решітчасті) рекатери.

Складність привода енергоємних робочих органів (різального барабана і кидалки), нераціональність руху потоку різаної маси (потік маси, створюваної барабаном, примусово зупиняється і змінює напрямок руху на  $90^{\circ}$ ) змусили відмовитися від дискового ротора - кидалки. Функції кидалки почав виконувати різальний барабан. Діаметр барабана при цьому збільшився з 400-600 мм до 800 мм (схема В, рис. 1). Доподрібнення маси в цьому випадку можливо виконувати використовуючи непрохідний (бичовий) рекатер.

Технологія заготівлі силосу в восковій фазі стиглості зерна вимагає якісного доподрібнення зерна кукурудзи. Повинно бути зруйновано не менше 95-98 % від наявного зерна. Це призвело до ускладнення доподрібнюючих апаратів і використання вальцевих доподрібнювачів зерна. Ефективна та надійна робота вальцевих доподрібнювачів призвела до переважного їх використання, а відповідно і до схеми В розташування робочих органів (рис. 1).



1 - вальці; 2 - барабан подрібнювальний; 3 - ротор прискорювальний;  
4 - вальці доподрібнювальні; 5 - рекатер доподрібнювальний

Рисунок 1 - Основні типи подрібнювально-транспортуючих робочих органів кормозбиральних комбайнів

Вальцевий доподрібнювач гальмує рух супутного повітряного потоку, тому знову виникає потреба у кидальці – прискорювачі 3. Прискорювач 3 у схемі В (рис. 1) має вісь обертання паралельну осі обертання барабана 2. Це якісно новий варіант в порівнянні з варіантом А. Це дає змогу уникнути використання потужного кутового редуктора в кінематичній схемі комбайна та частково використовувати енергію потоку стеблової маси.

Схема Г (рис. 1) відрізняється від схеми В раціональною побудовою кормовивідного каналу, що дозволяє максимально використовувати енергію надану потоку маси різальним барабаном та вальцями. Таке розташування робочих органів та конфігурацію кормовивідного каналу мають сучасні самохідні комбайни [9, 10, 12, 13].

Схема Д використовується у причіпних комбайнах без доподрібнюючих робочих органів. Її особливістю є напрямок обертання різального барабана, що створює можливість уникнення енергозатратного протягування маси по піддону барабана.

Аналізуючи наявний парк комбайнів [14] слід відмітити, що самохідні комбайни компонується переважно барабанними подрібнювачами завдяки їх високій пропускну здатності та можливості працювати з рівномірним навантаженням на валу.

Барабанні різальні апарати пройшли в своєму розвитку шлях, який привів до спрощення конструкції. Перші барабани мали гвинтоподібні ножі Г-образної форми (аналог КСС-2,6А). Такий ніж забезпечує постійність кутів різання, однак складні у виготовленні. Вони були замінені гвинтоподібними, а потім і на плоскі, встановлені під кутом до протирізальної пластини. Вони виконуються секційними (2-4 секції), що дозволяє забезпечити прийнятні кути установки ножів, швидко змінювати пошкоджені ножі, просто їх виготовляти.

Діаметр подрібнюючого барабана в комбайнах з прискорювачами виконують в межах 550-660 мм, подрібнююче-кидаючі барабани - 750-800 мм. Частота обертання барабанів -  $80-120 \text{ с}^{-1}$ , швидкість різання - 35-40 м/с. Барабани, як правило, встановлюються з 10-12 ножами, однак із збільшенням їх ширини ножі встановлюють у 2 або 4 ряди. Поряд з цим у деяких комбайнах встановлюють 14 ("Гігант-400") або 18

ножів (BiG X 1000) по довжині кола. Ширина барабана забезпечує значні розміри приймальної горловини комбайна, площа перерізу якої в сучасних комбайнах складає 1300-1450 см<sup>2</sup> [12].

Збільшення ширини живильної горловини дозволяє реалізувати потужність двигуна, встановленого на комбайні (рис. 2).

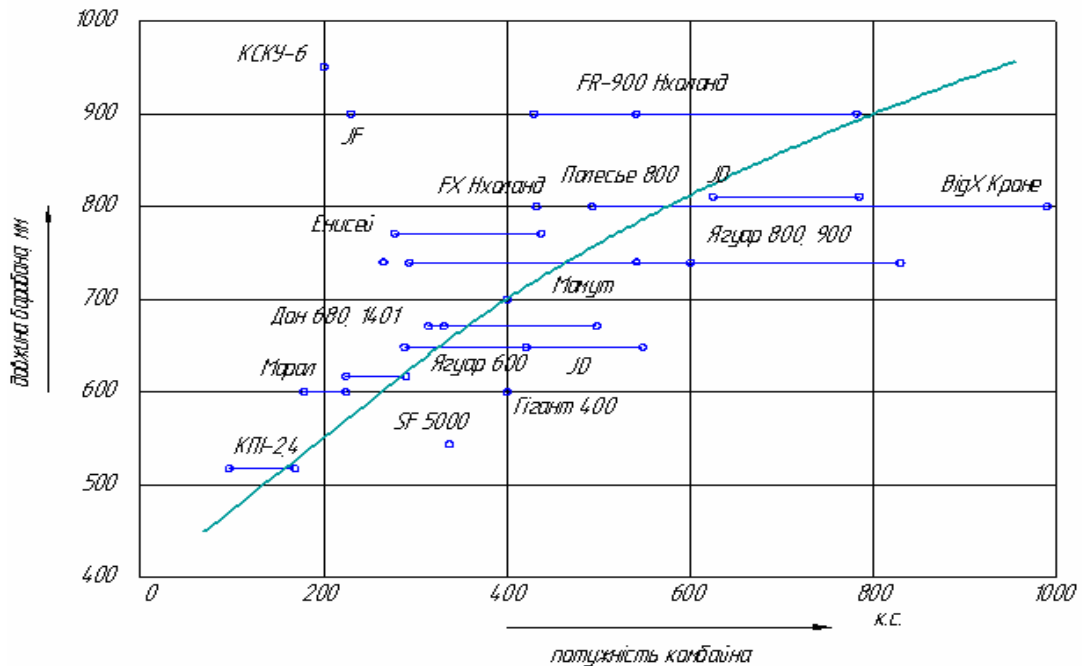


Рисунок 2 - Залежність довжини барабана від встановленої потужності

Спостерігається закономірність збільшення довжини барабана із збільшенням встановленої потужності двигуна. Лімітуючими факторами у збільшенні довжини є жорсткість барабана та конструкційний простір між ведучими передніми колесами комбайна.

Із збільшенням потужності збільшується і діаметр барабана, але в менших межах (рис. 3). Це пов'язано з тим, що діаметр барабана значно менше впливає на пропускну здатність комбайна. Збільшення діаметра пов'язано також із збільшенням з 12 до 18 кількості ножів на барабані (рис. 3). Окремою групою, із збільшеним діаметром барабана, виділяються конструкції комбайнів, в яких він виконує і функцію кидання маси.

Існують також чіткі залежності між масою (а отже вартістю), пропускну здатністю та встановленою потужністю двигуна [15].

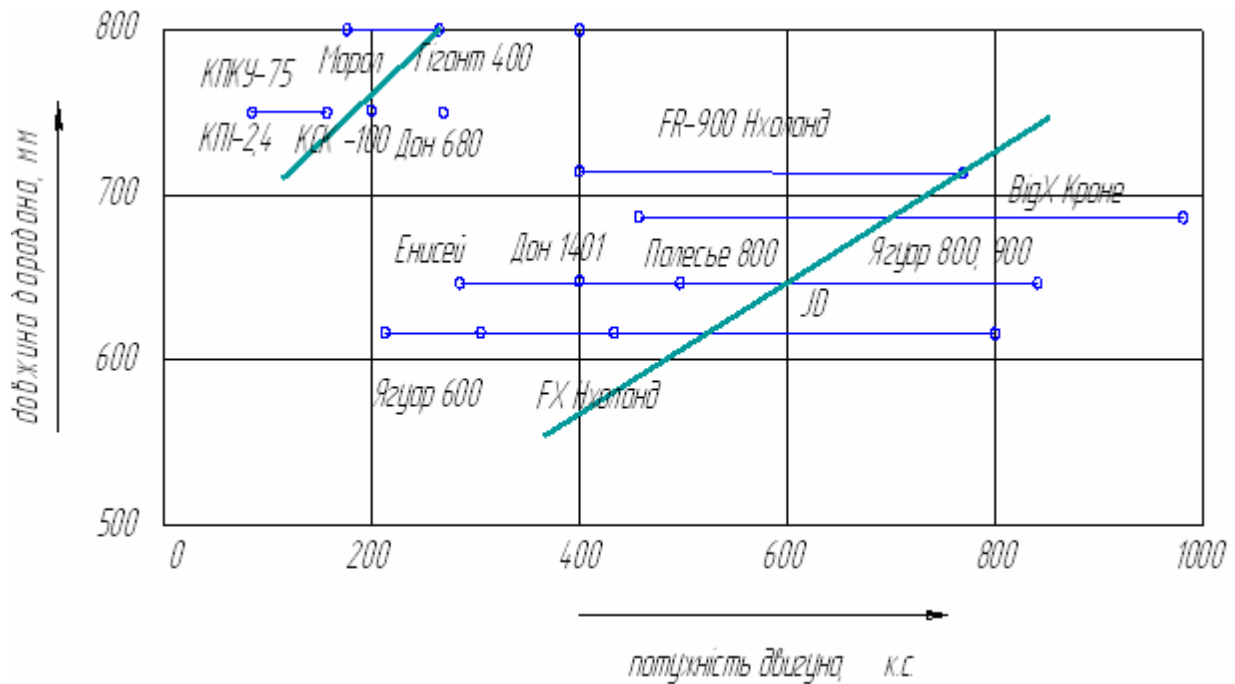


Рисунок 3 - Зміна діаметра в залежності від встановленої потужності комбайна

Гарантоване доподрібнення зерна та розщеплення стеблової маси забезпечує використання доподрібнювальних вальців (схеми В,Г рис. 1), що працюють із зазором 1-6 мм [11-14]. При заготівлі корму без необхідності доподрібнення вальці з кормовивідного каналу демонтуються. Принципово розрізняються дві конструкції доподрібнювальних вальців. Перший тип використовується в схемах комбайнів з прискорювачем, а другий – без прискорювача.

В першому варіанті використовуються рифлені циліндричні вальці встановлені на відстані 500-800 мм позаду подрібнювального барабана. Діаметр вальців - 200-300 мм, обертаються вони із швидкостями, які різняться на 20-40 %. При роботі вальці налаштовуються на зазор в 2-4 мм, через який проходить вся маса, тому вони практично перепиняють рух повітря по каналу і виникає потреба у обов'язковому використанні прискорювача.

У іншому варіанті, вальці виконують наборними із рифлених конічних дисків, тому, якщо центральний зазор в них для повітря також перекривається, то на периферії існують канали для проходження повітря. Це дає змогу працювати без додаткового прискорювача, однак компактність потоку втрачається. Такі схеми використовуються в нових комбайнах «Полесьє-800» (Білорусь) та Дон-1401 (Російська Федерація) [11, 14].

Компромідом між розташуванням різального барабана, балки переднього моста, кабіною є схема комбайнів (“Claas” (900-ї серії), “Krone”), які відрізняються плавним контуром кормовивідного каналу від різального барабана до вертикальної ділянки та значно вищим розташуванням прискорювального ротора (рис.1, схема Г).

Прискорювачі в кормозбиральних комбайнах - це роторні, найчастіше чотирилопатеві кидалки діаметром 500-700 мм. У високопотужних комбайнах ротори виконано дво- або трисекційними. Частота їх обертання співрозмірна із частотою обертання барабанів, для забезпечення рівності швидкостей кромки ножів і кінців лопаток.

Вивантажувальні силосопроводи комбайнів забезпечують подачу маси на висоту 5,0-6,0 м, що дозволяє завантажувати транспорт з високими надставними бортами. Кут повороту силосопровода  $190^{\circ}$ - $200^{\circ}$ , що дозволяє легко працювати з транспортом з довжиною кузова понад 6 м. Для переїзду силосопровід складається. В

сучасних конструкціях для уникнення поломок силосопровода при торканні ним перепон передбачено запобіжні пристрої.

Окрім раціональної схеми комбайна, потужності двигуна не менш важливими чинниками, що забезпечують високі показники роботи комбайна є наявність метало- та каменедетектора, заточувального пристрою та механізму регулювання зазору в різальній парі.

Датчик металодетектора встановлюється в першому нижньому вальці живильного механізму, датчик каменедетектора – на важелі рухомого першого вальця, тому перша пара вальців виготовляється з матеріалу, який практично не впливає на електромагнітний датчик металодетектора. Наявність метало- та каменедетекторів передбачає в механізмі приводу вальців муфту, яка дозволяє переривати крутний момент, що передається на вальці та жатку.

Оскільки процес подрібнення в комбайні супроводжується безперервним погіршенням якості різання, потрібні щозмінні короткочасні підточки і регулювання зазору в різальній парі. На сучасних комбайнах для цього передбачено заточувальні механізми, які дозволяють виконувати цю операцію з мінімальними витратами часу. Заточувальний камінь переміщується вручну або за допомогою гідро- чи електропривода. Для якісного заточування слід передбачати зміну напрямку обертання барабана, для чого встановлюється окремий привод. Для якісного різання зазор в різальній парі не повинен перебільшувати 0,3-0,4 мм. Оскільки доступ до протирізальної пластини утруднено, для її переміщення використовують гвинтово – важільні механізми. В комбайнах останніх моделей як заточування, так і регулювання зазору в різальній парі можливо виконувати з місця оператора.

**Висновки.** Особливостями конструкцій сучасних кормозбиральних комбайнів, що мають бути положені в основу розробки вітчизняної конструкції самохідного комбайна є:

- потужність двигуна не менше 300-350 к.с.;
- розташування осі двигуна паралельно осям найбільш енерговитратних органів, прямий привод цих органів за допомогою одного багаторучайового паса;
- збільшення ширини захвату кукурудзяних жаток до 10,5 м, використання ротаційних косарок для скошування трав;
- наявність три - чотири швидкісного приводу подаючих вальців, метало-, каменедетектора, механізмів відключення приводу та миттєвої зупинки вальців;
- використання дво- або чотирисекційного барабана збільшеної до 800 мм ширини захвату, заточувального пристрою з гідроприводом, механізму регулювання зазору в різальній парі барабана;
- використання пари доподрібнювальних вальців збільшеного до 250 мм діаметра з регулюванням зазору в межах від 1-6 мм до 40 мм;
- використання дво- чи трисекційного прискорювача різаної маси з можливістю регулювання дії на стеблову масу;
- використання вивантажувального силосопровода з висотою вантаження до 6 м, кутом повороту  $220^{\circ}$ , дистанційно керованим спрямовуючим козирком та запобіжним пристроєм для уникнення поломок при торканні силосопроводом перепон.
- використання електроніки для визначення показників якості корму, обліку об'ємів робіт та спрощення управління.

## Список літератури

1. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. – М.: Машиностроение, 1975. – 311 с.
2. Резник Н.Е. Кормоуборочные комбайны. – М: Машиностроение. 1980. - 375 с.
3. Особов В.И. Тенденции развития самоходных кормоуборочных комбайнов: Техника и оборудование для села, 2002. - № 10. - С. 28-33 с.

4. Чепурной А.И., Козлов В.В. Перспективные кормоуборочные комбайны и технологии: Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2005. - № 6. - С. 14-18.
5. Осьмак В.Я., Качан І.В. Класифікація та прогноз розвитку конструкцій кормозбиральних комбайнів: Збірник наукових праць Укр. НД і ПБТ. Вип. 6, (20), книга 2, Дослідницьке, 2003. – 250-254 с.
6. Осьмак В.Я. Конструкційні особливості сучасних кормозбиральних комбайнів: Техніка та технології АПК. – 2010, № 6(9). – С. 11-13.
7. Чепурной А.И., Белов М.И., Славкин В.И., Козлов В.В., Пронин В.Ю. Расчет измельчителя кормоуборочного комбайна с ускорителем выгрузки растений: Тракторы и с.-х. машины. – 2009. - № 12. – С. 31-35.
8. Проспект. Самохідні кормозбиральні комбайни серії 7050 та 7050i John Deere.
9. Проспект. Тема дня – измельчение . Комбайны Jaguar 980, 960, 950, 940, 930.
10. Проспект. Кормоуборочный комбайн с точной длиной резки BigX KRONE.
11. Проспект. Новий кормозбиральний комбайн RSM 1401 ROST SEL MASH.
12. Проспект. Комбайны кормоуборочные FR9000 New Holland.
13. Обжора. Кормоуборочный комбайн New Holland 9090. Современная сельскохозяйственная техника и оборудование. [www.roji.com/russia](http://www.roji.com/russia), выпуск 1, 2009. – С. 76-77.
14. Марченко В., Ткаченко О. Пропозиції на ринку самохідних кормозбиральних комбайнів: Пропозиція, 2009, № 7. – С. 92-97.
15. Пиуковский И.И., Родов Е.Г., Ленский А.В., Володкевич В.И., Костюк В.С. Обоснование технических параметров и структуры парка кормоуборочных комбайнов. Механиз. и электриф. сельского хозяйства: межвед. тематический сборник РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси», Минск, вып. 40, 2006. – С. 36-44.

*В. Кузьменко*

#### **Состояние и тенденции изменения основных рабочих органов кормоуборочных комбайнов**

Проведен анализ схем современных кормоуборочных комбайнов, систематизировано основные параметры режуще-транспортных органов комбайнов, выявлены тенденции их развития.

*V. Kuzmenko*

#### **State and tendencies of change basic working organs of forage harvest combines**

The analysis of charts modern forage-harvest combines is conducted, the basic parameters of cut-transporting organs combines are systematized, their progress trends are exposed.

Одержано 05.07.11