

УДК 631.331

М.С. Шведик

Луцький національний технічний університет

## СИНТЕЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ – ОСНОВА ДЛЯ РОЗРОБКИ БАГАТО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАШИН

У статті наведено результати аналізу існуючих конструктивно-технологічних схем як зернозбиральних комбайнів, так і одно-, двоопераційних машин з різних галузей і на основі виявлених найбільш характерних їх функціональних особливостей, що в тій чи іншій мірі можуть бути синтезовані в одну структурно-технологічну схему, розроблено багатофункціональний збиральний комбайн.

Ключові слова: комбайн, зерно, пропускна здатність, вибивання, двохярусний, пневмовловлювання, підбирач, рулон, багатофункціональність.

**Постановка проблеми.** Швидке зростання врожайності зернових культур до 60 і більше центнерів зерна з гектара та вимоги проведення збирання врожаю за 5–7 днів призводять до збільшення навантаження на один фізичний комбайн. Однак, аналіз техніко-економічних показників як вітчизняних, так і зарубіжних комбайнів, які широко використовуються в господарствах України показує, що вони мають низьку пропускну здатність – до 5–10 кг/с. У результаті період збирання зернових культур затягується до 20–30 днів. Це призводить до значних втрат зерна. При цьому багато зерна вибивається з колосків внаслідок ударів планок мотвила по стеблах. Для більшості комбайнів характерним є й те, що після їхнього проходу на полі залишається у копах соломка, на збирання якої необхідні значні матеріальні, технічні і людські ресурси, що впливає на собівартість сільськогосподарської продукції. Крім цього, існуючі зернозбиральні комбайни мають вузький діапазон використання – не більше 30 днів протягом року.

Тому одним з шляхів зниження собівартості виробництва продукції є впровадження багатофункціональних комбайнів, що мають широкий діапазон застосування. Проте, на даний час такі комбайни промисловістю не випускаються.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз літературних джерел, приурочених питанням зрізу хлібної маси, обмолоту, пневмотранспортуванню зерна і вороху та його сепарації, показує, що вони є достатньо вивчені. На основі результатів досліджень авторами [1–8] розроблені і запропоновані сільськогосподарському виробництву відповідні рекомендації, які лягли в основу розробки сучасних зернозбиральних комбайнів і зерноочисних машин.

Однак, намагання конструкторів, вчених і практиків підвищити продуктивність зернозбирального комбайна і розширити його функціональні можливості увесь час наштовхується на дві проблеми, які досі не мають ефективного технічного вирішення.

Перша з них – низька пропускна здатність молотарки і очистки. Ці робочі органи є основними і вони регламентують продуктивність комбайна. Відсутність нетрадиційних шляхів розв'язання головної задачі – підвищення їх пропускну здатності, змушує конструкторів йти на збільшення ширини молотарки та довжини сепаратора. Однак, такий шлях призводить до різкого зростання не тільки матеріаломісткості процесу, але і його енергомісткості.

Друга серйозна проблема – непристосованість робочих органів комбайна для виконання інших технологічних операцій традиційно обмежує саму думку і уяву конструкторів про можливість позбавлення зернозбиральних комбайнів статусу спеціальних машин.

А тому, на сьогодні єдиним альтернативним рішенням підвищення продуктивності зернозбиральних комбайнів є застосування обчислення колосової частини та подрібнення соломи і її розкидання по полю. Однак, це не вирішує головного завдання – розширення функціональних можливостей комбайна.

**Метою дослідження** є аналіз існуючих конструктивно-технологічних схем як зернозбиральних комбайнів, так і одно-, двоопераційних машин з різних галузей, таких як порохотягів, прес-підбирачів стеблової маси з закручуванням її в рулони, двохярусного висіву насіння і туків, самоскидів і інших пристроїв та виявлення найбільш характерних функціональних особливостей, що в тій чи іншій мірі можуть бути синтезовані в одну структурно-технологічну схему, яка стане основою для розробки багатофункціонального збирального комбайну.

**Результати дослідження.** Структурно-біологічний аналіз хлібостою зернових колосових культур показує, що 70% зерна знаходиться в 30-ти сантиметровому колосовому шарі, а решта зерна – у низькорослих стеблах [9].

Очевидно, що саме ці біологічні особливості зернових колосових культур повинні лягти в основу розробки нового принципу їх збирання, а саме зменшення об'єму біологічної маси, що подається як на обмолот, так і на очистку. Ця задача може бути успішно розв'язана шляхом установки на комбайні двох жниварок на двох ярусах, тобто застосуванням двоярусного зрізу хлібної маси – спочатку зрізати верхній колосовий шар і направляти його на обмолот в основний молотильний апарат, а низькостебловий хлібостій, що залишився на корені – зрізати нижньою жниваркою і подавати на обмолот у додатковий молотильний апарат, де обмолочувати тільки колосову частину зерна. Таке рішення дозволить підвищити у два рази пропускну здатність комбайна, що забезпечить збір зернових культур згідно агротехнічних вимог без збільшення чисельності парку зернових комбайнів.

Для вловлювання зерна, вибитого планками мотовила, найбільш ефективним способом буде застосування пневмовловлювання, яке ґрунтується на створенні розрідження в зоні мотовила. Для очистки зерна і його виділення з вороху замість традиційного соломотряса доцільним буде застосувати продування вороху повітряними струменями, шляхом створення "киплячого шару".

Розширити технологічні можливості комбайна можна шляхом установки в нижній жниварці швидкозмінного молотильного апарата, після демонтажу якого нижня жниварка буде працювати у режимі скошування трав з укладанням їх у валок, а установка спеціального підбирача з пресом дасть можливість підбирати з валків сіно, соломку, льонотресту і пресувати її в круглі рулони та укладати в спеціальний причіпний візок. Таке рішення дозволить за один прохід комбайна збирати не тільки зерно, але й збирати соломку і у вигляді рулонів, скидати її на краї поля по чотири штуки. Буде доцільним встановити на комбайні бункер виконаний у вигляді кузова, що піднімається за допомогою гідроциліндрів. Це забезпечить транспортування сипких матеріалів, а його демонтаж і зняття прес-підбирача та жниварок дозволить використовувати комбайн протягом року для перевезення великогабаритних і об'ємних вантажів

Таким чином, розроблений зернозбиральний комбайн буде мати багатофункціональне призначення, зокрема, він забезпечить двоярусний зріз хлібної маси з роздільним обмолотом колосової і стеблової частин, скошуватиме трави і укладатиме їх у валок, підбиратиме з валків сіно, соломку, льонотресту і формуватиме їх у круглі рулони та накопичуватиме в спеціальному візку і транспортуватиме на краї поля по чотири штуки. Наявність спеціального бункера забезпечить транспортування сипких матеріалів.

Очевидно, що найбільш ефективним прийомом для побудови структурної схеми комбайна, який має багатофункціональне призначення, є чітке розчленування технологічного процесу на окремі операції і їх наступне згрупування в два самостійні потоки, які протікатимуть паралельно і незалежно один від одного, а в кінці будуть зливатись в один.

Аналіз технологічного процесу комбайна показує, що кожний з двох потоків включає по шість чітко виражених операцій, які послідовно виконуються. При цьому для злиття цих потоків в один завершальний, необхідно ще чотири операції. Таким чином, увесь технологічний процес комбайна буде складатися з 16 операцій. Його структурна схема наведена на рис. 1.

Відповідно до цієї схеми розроблено схему багатофункціонального комбайна, яка наведена на рис. 2. Технологічний процес збирання зернових колосових культур із застосуванням двоярусного зрізу хлібної маси та роздільним обмолотом колосової і стеблової частин протікає наступним чином. Пневмопідіймач 1 під час руху комбайна в загінці за рахунок розрідження, що створює вентилятор 2, піднімає стебла і вловлює зерно, яке випадає з колосків внаслідок ударів планок мотовила 6 по них. При цьому стебла витягуються по висоті і мотовило їх підводить до різального ножа 7, який зрізує колосову частину хлібної маси (товщиною шару до 0,3 м) і вкладає на платформу жниварки верхнього ярусу 8. Звідси маса потрапляє в похилу камеру 9, а з неї – в основний молотильний апарат 10. Тут маса протягується декою 11 і зерно просіюється крізь її отвори на стрясну дошку 5, і переміщується не верхнє решето решітного стану 15.

Внаслідок інтенсивних коливань решета, ворох розділяється на зерно і полову. При цьому зерно проходить крізь отвори верхнього решета і надходить на нижнє решето, і продувається повітряними струменями, що витікають з бічних сопел 16, внаслідок цього воно очищується від полови, яка викидається на транспортери 17. Таким чином, очищене зерно похилим днищем решітного стану 15 скочується до зернового шнека 18 і направляється ним до норії 19, яка транспортує зерно вверх, і воно по лотку 20 потрапляє в бункер 21. При цьому необмолочені колоски потрап-

ляють до колосового шнека 22 і далі колосовим транспортером подаються на повторний обмолот в основний молотильний апарат 10, а солома з молотильного апарата викидається в сепараційну камеру, де вона піддається інтенсивному струшуванню повітряними струменями, що виходять з бічних 13 і встановлених знизу 4 сопел. Внаслідок такого струшування зерно відокремлюється від соломи і кризь отвори у днищі пневмосепараційної камери потрапляє на стрясну дошку та на решітний стан для остаточного очищення і подачі в зерновий бункер, а солома викидається на транспортер 12.

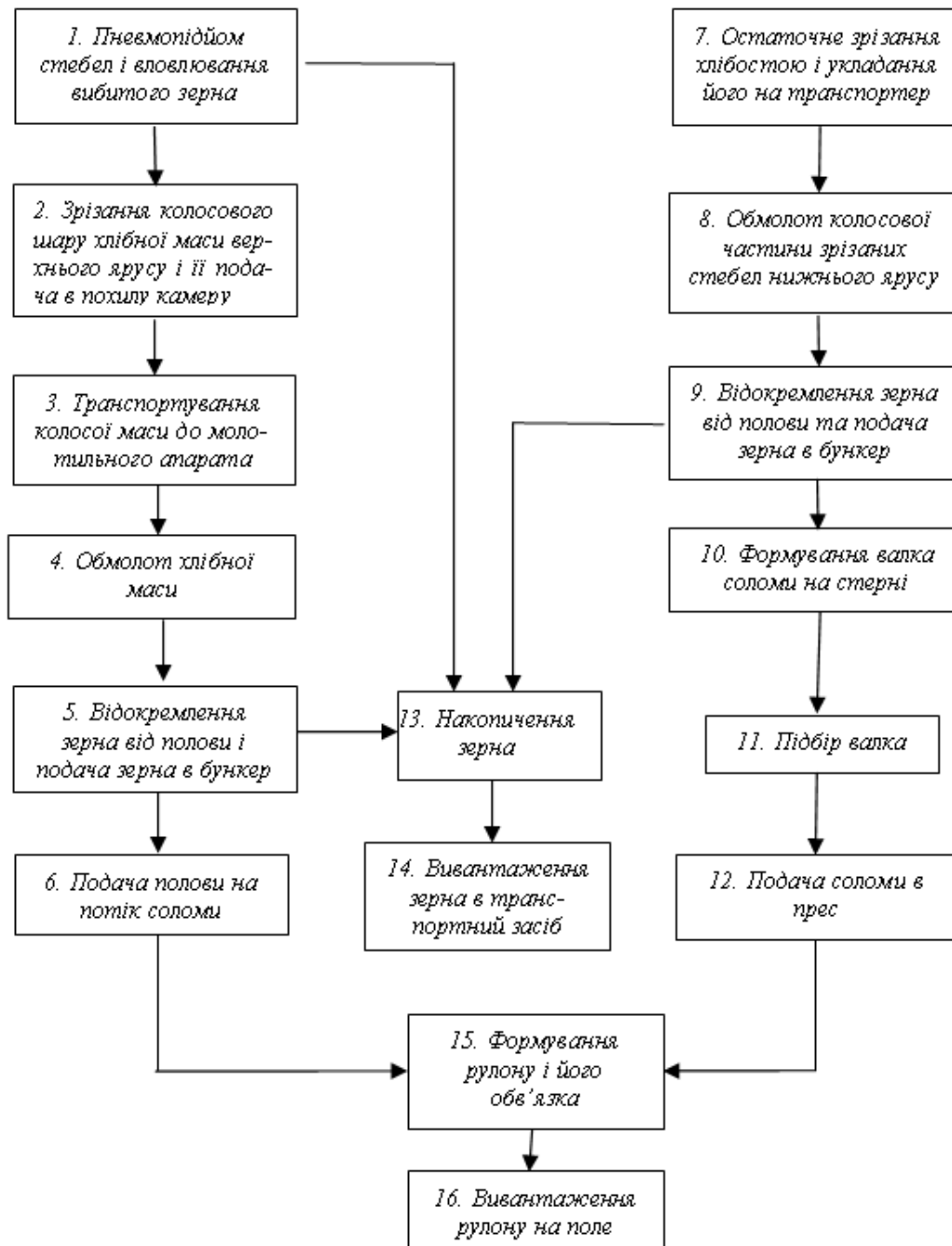


Рис. 1. Структурна схема робочого процесу багатофункціонального комбайна

Одночасно жниварка нижнього ярусу 24 зрізує стебла зі зрізаною колосовою частиною і повітряним потоком, що виходить з сопел 26, вкладає на платформу нижньої жниварки і подає до додаткового молотильного апарата 26. Тут вимолочене зерно зі стебел-підгонів потрапляє в пневмотранспортер 27 і подається на стрясну дошку 5, а солома викидається на стерню у валок. Далі цей валок підбирає барабанный підбирач 28 і всю масу подає на транспортер 12, а він у свою чергу

подає її до рулонного преса 29. Тут солома пресується в круглий рулон 30, який після остаточного формування скидається на ліфтер-обв'язчик 31. Після обв'язки рулони скидаються у причіпний візок і транспортуються в кінець поля, де відбувається їх групове вивантаження (по 4 шт.), що забезпечує звільнення від соломи.

Виходячи з вимоги багатофункціональності комбайна, найбільш доцільним буде при загальній компоновці комбайна застосувати модульний принцип, який передбачає монтування на основному шасі відповідних агрегатів. Загальний вигляд комбайна наведено на рис. 3.

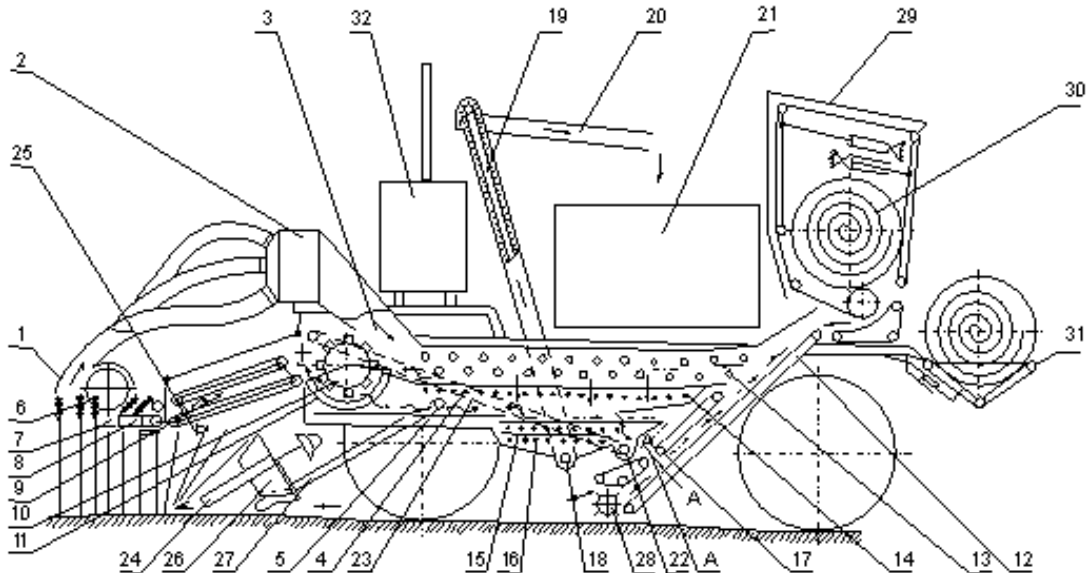


Рис. 2. Технологічна схема багатофункціонального комбайна

Комбайн містить раму 1 з передніми ведучими і задніми керованими колесами 2. На рамі встановлено двигун 12, від якого приводяться усі робочі органи і гідропривід коліс. Попереду на комбайні навішені жниварки, верхня 4 і нижня 3 з пневмопідійомником 6 стебел, а позаду – рулонний прес 14 з автоматом і транспортером обв'язки 15 (ліфтер) рулонів. Між двигуном і пресом встановлено бункер 13. В середині корпусу рами розміщено молотильний апарат для маси верхнього ярусу, що зрізується верхньою жниваркою, а також пневмосепаруючу камеру, решітний стан і підбирач 16.

Пневмопідійомник 6 встановлений на рамі верхньої жниварки 4 у зоні мотовила 5. Він складається з окремих секцій, що охоплюють мотовило, які пневмопроводами 9 з'єднані за допомогою колектора з вентилятором 10. Ззаду вентилятор патрубком з'єднаний з пневмосепаруючою камерою. Привод вентилятора здійснюється через карданну передачу від двигуна.

Верхня жниварка 4 складається з жнивної платформи і похилої камери 7. Жнивна платформа містить у собі раму, на якій закріплені ріжучий апарат з приводними елементами, польові подільники та шнек. Бічні і задні сторони платформи захищені вітровими щитками. Привод ріжучого апарата, мотовила і шнека здійснюється від шківів розміщених на ведучому валу похилої камери.

Похила камера становить собою дві паралельно розташовані нескінченні еластичні стрічки і поздовжні лонжерони, які з'єднані між собою кулісами, що дозволяє автоматично змінювати поперечний переріз похилої камери в залежності від товщини шару хлібної маси, що надходить. При цьому верхня стрічка утримується в крайньому лівому положенні пружинами. Еластичні стрічки мають рівні лінійні швидкості і приводяться від головного приводу шківом, посадженим на кінці верхнього вала нескінченної стрічки. Жнивна платформа з'єднана з похилою камерою за допомогою шарнірів, і має можливість переміщатися у вертикальній площині, зберігаючи горизонтальне положення. Це досягається за рахунок того, що платформа має незалежну паралелограмну навіску.

Нижня жниварка 3 складається з жнивної платформи і вставного конічного молотильного апарата для стебел нижнього ярусу. Жнивна платформа має ширину 0,3 м і містить у собі раму, на якій закріплені ріжучий апарат з приводними елементами, польові подільники, а між лівою і правою гілками транспортера є викидне вікно, в якому розташований знімний каркас нижнього молотильного апарата. Платформа спирається на башмаки або коліщата.

Нижній молотильний апарат містить два симетрично розташованих барабани, на валах яких з боку менших основ закріплені дискові ножі, а також протиризальні пластини. Під платформою в зоні барабанів розміщені деки, приймачі зерна, зернові елеватори 21.

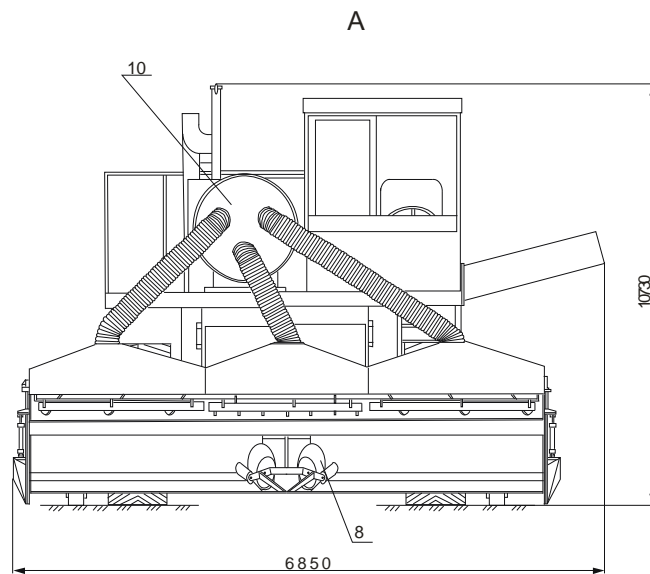
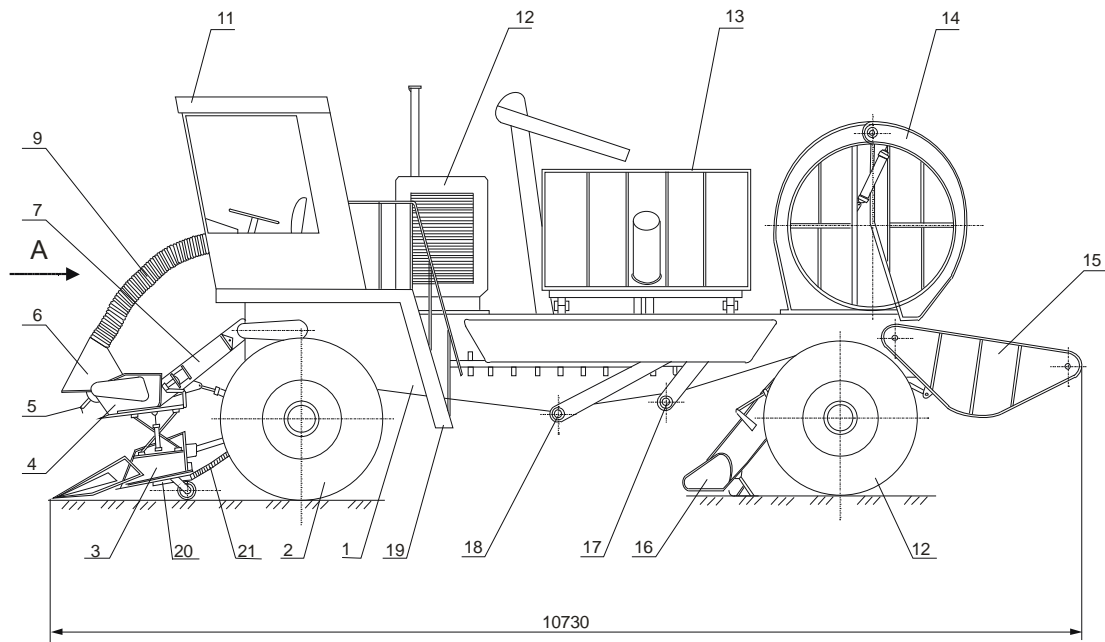


Рис. 3. Загальний вигляд багатofункціонального комбайна

Зверху над нижнім молотильним апаратом на каркасі закріплений роздільник хлібної маси, виконаний у вигляді двогранного клина. Він необхідний для поділу і подачі зрізаної хлібної маси в зоні викидного вікна на поперечні транспортери.

Очистка містить струшувальну дошку і решітний стан з решетами. Верхнє решето закінчується подовжувачем, а під нижнім решетом є днище з зерновим 18 і колосовим 17 шнеками. Над очисткою розташована пневмосепаруюча камера, днище якої виконано у вигляді решета. Попереду камера з'єднана з патрубком вентилятора і молотильним апаратом, а позаду перекрита транспортером підбирача 16. У боковинах камери є отвори з розташованими у них соплами, а під днищем і решетами встановлені пневмоспушувачі з насадками, у які подається повітря з надлишковим тиском від компресорної установки, при цьому сопла і насадки спрямовані під кутом у бік сходу соломи.

Бункер становить собою перекидний за допомогою гідроциліндрів металевий кузов прямокутної форми ємністю 6 м<sup>3</sup>, установлений на підрамнику попереднього підйому і зсуву убік.

Підбирач 16 містить пальцевий барабан довжиною 1,5 м з направляючими щитками і стрічковий транспортер з встановленими паралельно йому еластичними нескінченними стрічками. Між стрічкою і подовжувачем є зазор, необхідний для сходу полови. Підбирач приводиться від заднього контрпривода за допомогою гнучкої передачі і має можливість займати як робоче, так і транспортне положення.

Прес встановлений у задній частині комбайна і містить пресувальну камеру непостійного об'єму, утворену нескінченною стрічкою, що охоплює ведучий барабан і систему опорних вальців, а також живильний транспортер і пресуючі вальці. Привод преса здійснюється від заднього контрпривода комбайна за допомогою гнучкої передачі.

### Висновки

Таким чином, на основі проведених результатів досліджень можна зробити такі висновки:

1. Підвищити пропускну здатність комбайна можна за рахунок зменшення об'єму соломистої маси шляхом застосування двохярусного зрізу колосової і стеблової маси та роздільним її обмолотом.

2. Для вловлювання вибитого планками мотовила зерна найбільш доцільно застосувати пневмовловлювач, що встановлюється у зоні мотовила.

3. Розширити діапазон використання зернозбирального комбайна на інших видах робіт можна за рахунок установки на ньому нижньої жнивирки із знімним молотильним апаратом, підбирача соломистої маси, рулонного преса та бункера прямокутної форми, оснащеного гідропіднімачем.

1. Комплексна механізація виробництва зерна / В.Д. Гречкосій, Д.М. Алімов, В.І. Кифоренко, П.М.Чайка; За ред. В.Д. Гречкосія. – К.: Урожай, 1991. – 216 с.
2. Алферов С.А., Калошин А.И., Угаров А.Д. Как работает зерноуборочный комбайн. – М.: Машиностроение, 1981. – 190 с.
3. Шмат І.К., Сисолін П.В., Самарін О.Є., Бондарев Є.І. Методи і принципи проектування сільськогосподарських машин і агрегатів. Навчальний посібник. – Херсон: "Олді-плюс"; 2009. – 132 с.
4. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва/ П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
5. Босой Е.С., Вернеев О.В. и др. Теория, конструкция и расчет сельхозмашин. – М.: Машиностроение, 1978. – 568 с.
6. Теорія і розрахунок зернозбиральних комбайнів / К.І. Шмат, О.Є. Самарін, Є.І. Бондарев, О.В. Мигальов. – Херсон: "ОЛДІ-плюс"; 2009. – 256 с.
7. Машини для збирання зернових та технічних культур / За ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника, – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2009. – 296 с.
8. Смыслов В.В. Гидравлика и аэродинамика: Учебник для вузов. – Киев: Вища школа. Головное узд-во, 1979. – 336 с.
9. А.с. №1181590 (СССР). Способ уборки зерновых культур и зерноуборочный комбайн. Шведик Н.С. – Заявл. 14.02.83., №3552957. Опубл. в Б.И., №36. – 1985.