



УДК 631.3.06.001.66

**ШЛЯХИ ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПОСІВНИХ АГРЕГАТІВ**

**Кондратюк Дмитро Гнатович**, к.т.н., доцент  
Вінницький національний аграрний університет

**D. Kondratyuk**, PhD, Associate Professor  
Vinnytsia National Agrarian University

*Викладені результати досліджень з обґрунтування шляхів підвищення продуктивності посівних агрегатів, призначених для сівби зернових колосових та зернобобових культур. Показано, що раціональним способом збільшення продуктивності є скорочення непродуктивних витрат часу під час сівби. Досягнути цього можливо за рахунок збільшення місткості насіннєвих бункерів сівалок. Встановлено, що з метою збільшення продуктивності при сівбі зернових колосових та зернобобових культур доцільно збільшити питомий об'єм насіннєвого ящика (об'єм ящика, що припадає на один сошник) сівалок АСТРА СЗ-3,6А, СЗ-3,6, АСТРА СЗП-3,6, СЗТ-5,4 з 19 до 58 літрів. Зазначено, що з метою скорочення часу на заправку агрегату насінням, зменшення часу на повороти, підвищення якості сівби, збільшення продуктивності і зменшення витрат насіння багатосівалкові посівні агрегати доцільно комплектувати з шеренговим розташуванням сівалок, використовуючи для цього зернопресові сівалки. Результати досліджень отримані в результаті аналізу використання посівних агрегатів, призначених для сівби зернових колосових і зернобобових культур в Ялтушківській дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, що входить до структури ННБК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум».*

*Ключові слова: сівба, агрегат, насіння, бункер, продуктивність, час, ННБК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум».*

**Ф.12. Рис. 2. Літ. 7**

---

**1. Постановка проблеми**

Викладені нижче результати досліджень отримані в результаті аналізу використання посівних агрегатів, призначених для сівби зернових колосових і зернобобових культур в Ялтушківській дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, що входить до структури ННБК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум». Ялтушківська дослідно-селекційна станція, крім селекції і насінництва цукрових та кормових буряків і біоенергетичних культур, займається вирощуванням зернових колосових і зернобобових культур, площа посівів яких становить близько 1200 га.

Сівба – найвідповідальніша операція технології вирощування будь якої сільськогосподарської культури. Від якості її виконання, своєчасності і тривалості в значній мірі залежить урожай [1].

Урожайність зернових культур зменшується пропорційно тривалості сівби [2], скоротити яку можливо за рахунок збільшення продуктивності посівних машинних агрегатів.

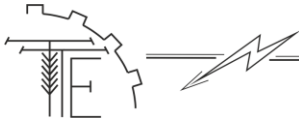
Продуктивність мобільних машинних агрегатів залежить від робочої швидкості та ширини захвату агрегату і ефективності використання часу зміни.

---

**2. Аналіз останніх даних**

Можливість збільшення продуктивності посівних агрегатів, призначених для сівби зернових колосових і зернобобових культур за рахунок підвищення робочої швидкості обмежена, оскільки сівалки не забезпечують належної якості роботи при швидкості агрегування більше 10 – 12 км/год [3, 4]. Крім того, при великих швидкостях руху, обмежувальним фактором виступає мікрорельєф поля, який викликає суттєві вертикальні коливання трактора.

Не дивлячись на те, що спостерігається тенденція до зростання ширини захвату посівних агрегатів і комплексів, такий спосіб збільшення продуктивності не можна вважати вдалим, через те що він вимагає пропорційного збільшення маси трактора і потужності двигуна [5]. Отже, подальшого зростання продуктивності посівних агрегатів можна досягти за рахунок скорочення непродуктивних витрат часу.



### 3. Мета і задачі дослідження

Мета роботи полягає у виявленні і аналізі шляхів підвищення продуктивності посівних агрегатів і комплексів.

Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати такі задачі:

- отримати залежності для визначення витрат часу на реалізацію різних етапів робочого циклу роботи розглянутих машин;
- побудувати графічну залежність технічної продуктивності робочого процесу сівалки в залежності від зміни об'єму її насінневого ящика;
- запропонувати конкретні рекомендації з модернізації сівалок основних типів для підвищення їх продуктивності.

### 4. Основні результати дослідження

Проаналізуємо за рахунок яких складових зміни можна збільшити коефіцієнт використання часу при сівбі, а відтак і продуктивність. Якщо прийняти до уваги той факт, що такі складові зміни як тривалість підготовчо-заключних робіт, одержання наряду, тривалість технічного обслуговування агрегату в загінці, час на відпочинок та особисті потреби обслуговуючого персоналу є нормативними складовими часу зміни, то тоді будемо мати, що найбільш вагомими втрати часу при сівбі приходяться на повороти і на завантаження сівалок насінням і добривами.

Витрати часу на технологічний цикл сівби  $t_{\text{ц}}$  визначаються за формулою [6]

$$t_{\text{ц}} = t_p + t_{\text{нав.н.}} + t_{\text{пов}} + t_{\text{нав.д.}}, \quad (1)$$

де  $t_p$  - тривалість чистої роботи за цикл, год;  $t_{\text{нав.н.}}$  - тривалість завантаження агрегату насінням, год;

$t_{\text{пов}}$  - тривалість поворотів за цикл, год;  $t_{\text{нав.д.}}$  - тривалість завантаження агрегату добривами, год.

Якщо при сівбі не вносять мінеральні добрива, то коефіцієнт використання часу циклу, буде обчислюватись за формулою

$$\tau_{\text{ц}} = \frac{t_p}{t_p + t_{\text{нав.н.}} + t_{\text{пов}}}, \quad (2)$$

де  $\tau_{\text{ц}}$  - коефіцієнт використання часу циклу.

Сума часу на повороти за цикл  $t_{\text{пов}}$ , тривалість завантаження агрегату насінням  $t_{\text{нав.н.}}$  складає допоміжний час, тобто

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{нав.н.}} + t_{\text{пов}}. \quad (3)$$

Допоміжна робота безпосередньо не пов'язана з сівбою, але без неї не може бути виконана основна робота, тобто сівба. Як правило, через певні проміжки часу відбувається чергування основної і допоміжної роботи.

Як видно з (1), найбільш непродуктивні неминучі витрати часу при сівбі припадають на повороти і завантаження агрегату насінням.

Тривалість завантаження агрегату насінням можна визначити за формулою

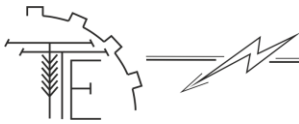
$$t_{\text{нав.н.}} = \frac{V_n \gamma \eta n}{Q} + t, \quad (4)$$

де  $V_n$  - об'єм насінневого ящика, м<sup>3</sup>;  $\gamma$  - об'ємна маса насіння, кг/м<sup>3</sup>;  $\eta$  - коефіцієнт використання місткості ящика;  $n$  - кількість сівалок в агрегаті;  $Q$  - продуктивність завантажувача, кг/год;  $t$  - тривалість підготовки заправника до роботи (під'їзд і маневр завантажувача, опускання рукава тощо).

Тривалість чистої роботи за цикл

$$t_p = \frac{V_n \gamma \eta n}{H V_p B_p}, \quad (5)$$

де  $H$  - норма висіву насіння, кг/м<sup>2</sup>;  $V_p$  - робоча швидкість руху агрегату, м/с;  $B_p$  - робоча ширина захвату агрегату, м.



Тривалість поворотів за цикл можна визначити за формулою

$$t_{\text{ноб}} = n_n t_n, \quad (6)$$

де  $n_n$  – кількість поворотів, які здійснить агрегат за цикл;  $t_n$  – тривалість одного повороту, с.

Кількість поворотів, які здійснить агрегат за цикл (від завантажування до завантажування насінням), можна знайти за формулою

$$n_n = \frac{V_n \gamma \eta n}{HV_p L}, \quad (7)$$

де  $L$  – довжина гону, м.

Підставивши (7) в (6), будемо мати

$$t_{\text{ноб}} = \frac{E \gamma \eta n t_n}{HV_p L}. \quad (8)$$

Підставивши (4), (5) і (8) в (2) і перетворюючи, отримаємо

$$\tau_y = \frac{1}{1 + \left( \frac{1}{Q} + \frac{t}{V_n \gamma \eta m} \right) HV_p B_p + \frac{V_p t_n}{L}}. \quad (9)$$

Технічну продуктивність посівного агрегату можна визначити за формулою

$$W_{\text{мехн.}} = 0,36 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (10)$$

де  $\tau = \tau_y \tau_{\text{зм}}$  – коефіцієнт використання часу зміни;  $\tau_{\text{зм}}$  – коефіцієнт циклового часу зміни.

Коефіцієнт циклового часу зміни можна визначити через елементи, що відносяться до часу зміни. При нормуванні польових механізованих робіт у нормативний баланс часу зміни, не враховують витрати часу, що пов'язані з простоями агрегату через технологічні порушення і несправності, організаційні неполадки та погодні умови. У такому випадку, за відсутності протягом зміни переїздів агрегату з ділянки на ділянку, коефіцієнт циклового часу зміни можна визначити за формулою [6]

$$\tau_{\text{зм}} = 1 - (\tau_{\text{нз}} + \tau_{\text{обс}} + \tau_{\text{гон}}), \quad (11)$$

де  $\tau_{\text{нз}} = \frac{t_{\text{нз}}}{T_{\text{зм}}}$ ;  $\tau_{\text{обс}} = \frac{t_{\text{обс}}}{T_{\text{зм}}}$ ;  $\tau_{\text{гон}} = \frac{t_{\text{гон}}}{T_{\text{зм}}}$  – коефіцієнти позациклових витрат часу зміни відповідно: на

проведення підготовчо-заклучних робіт, організаційно-технічного обслуговування агрегату в загінці, відпочинок і особисті потреби обслуговуючого персоналу;  $T_{\text{зм}}$ ,  $\tau_{\text{нз}}$ ,  $\tau_{\text{обс}}$ ,  $\tau_{\text{гон}}$  – відповідно, тривалість зміни, тривалість проведення підготовчо-заклучних робіт, організаційно-технічного обслуговування агрегату в загінці, відпочинок і особисті потреби обслуговуючого персоналу.

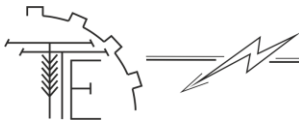
Підставивши (9) і (11) в (10), будемо мати

$$W_{\text{мехн.}} = 0,36 B_p V_p \frac{1 - (\tau_{\text{нз}} + \tau_{\text{обс}} + \tau_{\text{гон}})}{1 + \left( \frac{1}{Q} + \frac{t}{V_n \gamma \eta m} \right) HV_p B_p + \frac{V_p t_n}{L}}. \quad (12)$$

Як видно з (12) технічну продуктивність посівного агрегату можна підвищити, скоротивши тривалість поворотів та збільшивши продуктивність завантажувальних засобів. З (12) впливає й інший шлях підвищення продуктивності посівних агрегатів – збільшення місткості насінневих ящиків.

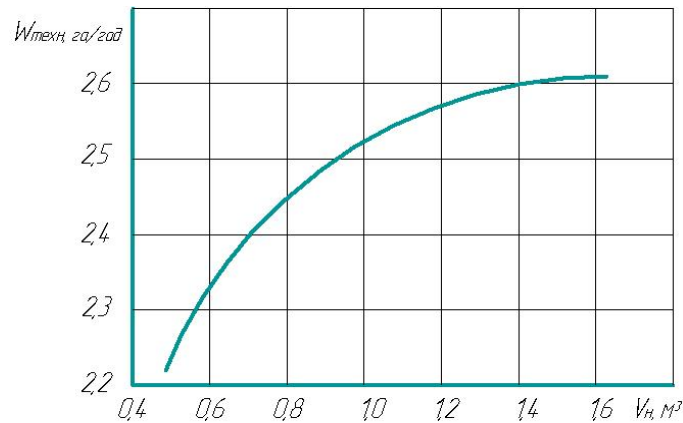
На основі залежності (12) побудовано графік зміни технічної продуктивності посівного агрегату, скомплектованого на базі сівалки АСТРА СЗ-3,6А, в залежності від можливої зміни об'єму насінневого ящика. Графічна залежність побудована з врахуванням наступних умов: робоча швидкість руху агрегату 10 км/год або 2,78 м/с; норма висіву насіння 220 кг/га або 0,022 кг/м<sup>2</sup>; для завантаження насіння використовується швидко знімний пристрій БЗУ-5, продуктивність якого становить 50 т/год; довжина гону – 700 м; тривалість повороту агрегату 60 с; тривалість підготовки завантажувача до роботи 120 с; об'ємна маса насіння 700 кг/м<sup>3</sup>.

Із представлених графічних даних випливає, що технічна продуктивність посівного агрегату, скомплектованого на базі сівалки АСТРА СЗ-3,6А зростає зі збільшенням об'єму насінневого ящика. Найбільш інтенсивний приріст продуктивності відбувається при збільшенні об'єму насінневого ящика до 1,4 м<sup>3</sup>. При подальшому збільшенні місткості інтенсивність росту продуктивності падає. Виходячи із вищезазначеного, можна зробити наступний висновок. З метою збільшення



продуктивності доцільно збільшити питомий об'єм насінневого ящика (об'єм ящика, що припадає на один сошник) сівалок АСТРА СЗ-3,6А, СЗ-3,6, АСТРА СЗП-3,6, СЗТ-5,4 з 19 до 58 літрів.

Сьогодні на ринку сільськогосподарської техніки представлені сівалки і посівні комплекси різноманітних фірм, які відрізняються між собою типом висівної системи, компонованням, місткістю насінневого бункера і рядом інших ознак. Серед сівалок сімейства СЗ ПАТ «Ельворті» найбільший питомий об'єм насінневого ящика близько 28 літрів має сівалка АСТРА НОВА 5,4-03 [7].



**Рис. 1. Залежність технічної продуктивності посівного агрегату  $W_{\text{техн}}$ , скомплектованого на базі сівалки АСТРА СЗ-3,6А в залежності від можливої зміни об'єму насінневого ящика  $V_n$**

ВАТ «Галещина машзавод» (Полтавська область) випускає ґрунтообробно – посівну машину МВЗ-4,5 «Меланія», у якій питомий об'єм насінневого бункера становить 67 літрів.

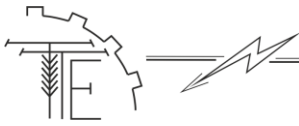
У однодискової пневматичної сівалки ОРИОН 9,6 (ПАТ «Ельворті») питомий об'єм насінневого бункера становить близько 109 літрів на один сошник [7]. Приблизно таку ж питому місткість насінневого бункера (110 літрів на сошник) має сівалка John Deere 1830. Зрозуміло, що чим більша питома місткість зернового ящика сівалки, тим більший інтервал, при незмінній нормі висіву насіння, буде між заправками сівалки насінням. Це дозволяє скоротити кількість заправок за зміну, а відтак збільшити частку чистого часу роботи і продуктивність агрегату.

Інколи з метою збільшення продуктивності і раціонального завантаження тракторів на базі зчіпок СП-11А або СП-16А комплектують багатосівалкові посівні агрегати.

В процесі сівби зернових пресовими сівалками, наприклад, АСТРА СЗП-3,6 комплектують шеренгові агрегати, в яких сівалки розташовані в один ряд, а при використанні сівалок АСТРА СЗ-3,6 або їх модифікацій – ешелювані, з шаховим розташуванням сівалок.

Шеренгові агрегати більше маневрені, ніж ешелювані, зручніші при технологічному обслуговуванні, забезпечують високу якість сівби за рахунок ліпшої стійкості при русі і стабільності стикових міжрядь. При складанні шеренгових агрегатів сівалки прикріплюють до бруса зчіпки і з'єднують між собою за допомогою спеціальних шарнірів. Для стійкої роботи агрегату сівалки приєднують до зчіпки симетрично лінії тяги. При цьому відхилення стикових міжрядь сусідніх сівалок не повинно перевищувати 2 см [2].

При складанні ешелюваних агрегатів сівалки заднього ряду приєднуються до зчіпки з допомогою подовжувачів. Щоб не було огріхів між проходами сівалок, ширина стикових міжрядь має бути такою ж, як і основних. Проте, практично витримати цю умову не вдається, тому що сівалки в ешелюваному агрегаті рухаються менш стійко, і на полях з нерівним рельєфом з'являються не засіяні смуги (огріхи). Тому при складанні ешелюваних агрегатів сівалки приєднують до зчіпки з перекриттям до 0,3 м. Такі ж приблизно перекриття витримують при водінні агрегатів між їх суміжними проходами. Це призводить до перевитрат насіння. Перевитрати насіння пов'язані з двократним обсіванням частини поворотних смуг, оскільки з робочого положення всі сівалки за допомогою гідросистеми трактора вимикаються одночасно, коли їх задній ряд (з подовжувачами) знаходиться на контрольній лінії. Внаслідок цього сівалки переднього ряду засівають поворотну смугу на відстані, рівному подовжувачу (3 м), і на цю частину смуги при її засіві насіння лягає повторно. Таким чином, при використанні ешелюваних агрегатів частина площі поля буде засіяна подвійною нормою насіння і добрив, а загущенні в рядках, які перекриваються, рослини не дають повноцінного врожаю [2].



Тривалість одного повороту у шеренгового агрегату значно менша, ніж у ешелонованого, оскільки при з'єднанні сівалок в один ряд самоорієнтовні колеса зчіпки допускають комбінований поворот (навколо крайнього колеса агрегату), а коли вони розставлені в два ряди, доводиться виконувати грушовидний поворот. Це призводить до збільшення непродуктивних витрат часу на повороти. Ще одним із недоліків ешелонованого посівного агрегату є те, що при заправці сівалки насінням і добривами автозаправник вимушений здійснювати триваліший маневр, внаслідок чого заправка сівалок віднімає більше часу [2].

## 5. Висновки

1. На урожайність зернових культур впливає тривалість сівби, скоротити яку можливо за рахунок збільшення продуктивності посівних машинних агрегатів. Рациональним способом збільшення продуктивності є скорочення непродуктивних витрат часу під час сівби. Досягнути цього можливо за рахунок збільшення місткості насінневих бункерів сівалок.

2. Технічна продуктивність посівного агрегату, в склад якого входить сівалка АСТРА СЗ-3,6А зростає зі збільшенням об'єму насінневого ящика. Найбільш інтенсивний приріст продуктивності відбувається при збільшенні об'єму насінневого ящика до  $1,4 \text{ м}^3$ . При подальшому збільшенні об'єму інтенсивність росту продуктивності падає. Тому з метою збільшення продуктивності доцільно збільшити питомий об'єм насінневого ящика (об'єм ящика, що припадає на один сошник) сівалок АСТРА СЗ-3,6А, СЗ-3,6, АСТРА СЗП-3,6, СЗТ-5,4 з 19 до 58 літрів.

3. Багатосівалкові посівні агрегати доцільно комплектувати із пресових сівалок, наприклад, АСТРА СЗП-3,6. Це дозволяє за рахунок шеренгового розташування сівалок зменшити перевитрати насіння і збільшити продуктивність.

## Список використаних джерел

1. Ляшенко В. В. Вплив строків сівби на продуктивність посівів озимої пшениці / В. В. Ляшенко, М. М. Маренич // Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2010. - №2. – С.46 – 50.
2. Хоменко М. С. Механізація посева зернових культур и трав. Справочник / М. С. Хоменко, В. А. Зырянов, В. А. Насонов. – К. : Урожай, 1989. – 168 с.
3. Ільченко В. Ю. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В. Ю. Ільченко, П. І. Карасьов, А. С. Лімонт та ін. – К. : Урожай, 1993. – 288 с.
4. Васильченко В. Фактори, які визначають якість сівби / В. Васильченко, В. Опалко // Агронам, 2011. - №1. – С. 186 – 189.
5. Водяник І. І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів / І. І. Водяник. – К. : Урожай, 1994. – 224 с.
6. Ільченко В. Ю. Машиновикористання в землеробстві / В. Ю. Ільченко, Ю. П. Нагірний, П. А. Джолос та ін. – К. : Урожай, 1996. – 384 с.
7. Гречкосій В. Чим сіяти зернові? / В. Гречкосій, Р. Шатров, Ю. Фурман // Агробізнес сьогодні, 2013. - №1. – С. 248 – 249.

## References

- [1]. Liashenko, V. V., Marenych, M. M. (2010). *Vplyv strokiv sivby na produktyvnist posiviv ozymoi pshenytsi [Influence of sowing dates on the productivity of winter wheat crops]*, 2, 46 – 50. Visnyk Poltavskoi dtrzhavnoi ahrarnoi akademii - Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy [in Ukrainian].
- [2]. Khomenko, M. S., Zyryanov, V. A., Nasonov, V.A. (1989). *Mekhanyzatsyya poseva zernovykh kultur y trav. Spravochnyk [Mechanization of sowing of cereals and herbs. Reference book]*. Kyiv : Urozhay [in Russian].
- [3]. Pchenko, V. Y., Karasov, P. I., Limont, A. S. (1993). *Ekspluatatsiia mashyno-traktirnoho parku v agrarnomu vyrobnytstvi [Exploitation of machine-tractor park in agricultural production]*. Kyiv : Urozhay [in Ukrainian]
- [4]. Vasylychenko, V., Opalko, V. (2011). *Faktory, iaki vyznachiut yakist sivby [Factors that determine the quality of sowing]*, 1, 186 – 189. Ahronom – Agronomist [in Ukrainian].
- [5]. Vodyanyk, I. I. (1994). *Ekspluatatsiyini vlastyivosti traktoriv i avtomobiliv [Operational properties of tractors and cars]*. Kyiv : Urozhay [in Ukrainian].





- [6]. Ichenko, V. Y., Nahirnyi, Y. P., Dzholos, P. A. (1996). *Mashynovykorystania v zemlerobstvi [Machine use in agriculture]*. Kyiv : Urozhay [in Ukrainian].
- [7]. Hrechkosiy, V., Shatrov, R., Furman, Yu. (2013). *Chym siyaty zernovi? [What to sow the grain?]*, 1, 248 – 249. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness today* [in Ukrainian].

#### ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОСЕВНЫХ АГРЕГАТОВ

*Изложенные результаты исследований по обоснование путей повышения производительности посевных агрегатов, предназначенных для сева зерновых колосовых и зернобобовых культур. Показано, что рациональным способом увеличения производительности является сокращение непроизводительных затрат времени во время сева. Установлено, что с целью увеличения производительности при севе зерновых колосовых и зернобобовых культур целесообразно увеличить удельный объем семенного ящика (объем ящика, который приходится на один сошник) сеялок АСТРА СЗ-3,6А, СЗ-3,6, АСТРА СЗП-3,6, СЗТ-5,4 с 19 до 58 литров. Указано, что с целью сокращения времени на заправку агрегата семенами, уменьшения времени на повороты, повышение качества сева, увеличения производительности и уменьшения затрат семена многосеялковые посевные агрегаты целесообразно комплектовать с шеренговым расположением сеялок, используя для этого зернопресовые сеялки. Результаты исследований полученные в результате анализа использования посевных агрегатов, предназначенных для сева зерновых колосовых и зернобобовых культур на Ялтушковський опытнo-селекцiоннoї станцiї Інститута бiоенергетических культур и сахарных свекл НААН України, которая входит в структуру ННБК "Всеукраїнський научно-учебний консорціум".*

*Ключевые слова: сев, агрегат, семена, бункер, производительность, время, ННБК "Всеукраїнський научно-учебний консорціум".*

Ф.12. Рис. 2. Лит. 7.

#### WAYS OF INCREASE IN PRODUCTIVITY OF SOWING UNITS

*The stated results of researches on a substantiation of ways of increase of productivity of the sowing units intended for sowing of grains and leguminous cultures. It is shown, that rational way of increase in productivity is reduction of unproductive expenses of time during sowing. It is established, that for the purpose of productivity increase at sowing of grain grains and leguminous cultures it is expedient to increase specific volume of a seed box (volume of a box which is necessary on one сошник) seeders ASTER СЗ-3,6А, СЗ-3,6, ASTER СЗП-3,6, СЗТ-5,4 with 19 to 58 liters. It is specified, that for the purpose of reduction of time for refuelling of the unit by seeds, reduction of time by turns, improvement of quality of sowing, increase in productivity and reduction of expenses seeds many-blocked sowing units it is expedient to complete with шеренговым an arrangement of seeders, using for this purpose grain-pressed seeders. Results of researches the uses of the sowing units intended for sowing of grain grains and leguminous cultures on Yaltushkovsky skilled-selection station of Institute of biopower cultures and sugar свекл НААН of Ukraine received as a result of the analysis which is included into structure NNVK "Vseukrainsky scientifically-educational consortium".*

*Keywords: sowing, the unit, seeds, the bunker, productivity, time, NSPC "Vseukrainsky scientifically-educational consortium".*

F.12. Fig. 2. Ref. 7.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

**Кондратюк Дмитро Гнатович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Агротехнологій» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна).

**Кондратюк Дмитрій Ігнат'євич** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Агротехнологій» Вінницького національного аграрного університету (ул. Солнечная, 3, м. Вінниця, 21008, Украина).

**Kondratiyuk Dmytro** – PhD, Associate Professor of the Department "Machinery and Equipment of Agricultural Production" of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Sonyachna str., Vinnytsia, Ukraine, 21008).