

УДК 631.172:633.521

**А.С. Лімонт, к.т.н., доц.**  
Житомирський національний агроекологічний університет  
**В.О. Ломакін, асист.**  
Житомирський державний технологічний університет

### ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРАХУНОК ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОРОХУ В ЛЬОНОЗБИРАЛЬНОМУ КОМБАЙНОВОМУ КОМПЛЕКСІ

*Охарактеризовано й визначено складові транспортно-логістичного процесу вороху при збиранні льону-довгунця комбайнами. Запропоновано методіку розрахунку елементів тривалості рейсу тракторно-транспортних агрегатів з транспортування вороху в льонозбиральному комбайновому комплексі. Досліджено тривалості завантажування причепів ворохом та їх заміни при проектуванні збиральних робіт.*

**Вступ. Постановка проблеми.** Льонозбиральний комбайновий комплекс містить, крім іншого, власне комбайновий агрегат у складі тракторів класу 0,9 чи 1,4 та комбайнів типу ЛК-4Т. При цьому за комбайном причіплюють двовісний самоскидний причіп вантажопідйомністю, як правило, 4 т типу 2ПТС-4М для збирання льонового вороху. Наповнений ворохом причіп відчіплюють від комбайна й агрегатують з трактором класу 0,9 чи 1,4. Вказаний тракторно-транспортний агрегат транспортує ворох до сушильно-переробного пункту. На пункті розміщене сушильне обладнання і спеціальні ворохорозробні машини чи пристосовані для обмолоту вороху зернозбиральні комбайни та інші засоби механізації. У цій статті передбачено з'ясувати деякі з питань проблеми механізованого збирання льону-довгунця, що спрямовані на поліпшення його транспортно-логістичного забезпечення з позицій логістики як наукової основи управління потоковими процесами.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Вивченням і дослідженням транспортних операцій при збиранні різних сільськогосподарських культур та його транспортно-логістичного забезпечення займалися Л.С. Бакулєв [1], В.І. Бессарабов [11], В.Г. Волков і Л.К. Кошкін [4], М.І. Горячкін [5], Ф.С. Завалішин [6], А.Б. Коганов [7], С.М. Краюшкін [9], А.С. Шавлохов [17] та інші дослідники. Зокрема, доктор технічних наук С.Г. Фришев [16] розглядав низку питань щодо опрацювання раціонального складу збирально-транспортного комплексу на збиранні зернових колосових.

Кандидат технічних наук І.П. Копйов [8] досліджував транспортування льонового вороху від комбайнів до пунктів сушіння і його переробки. Дослідник наводить залежність для визначення тривалості наповнення  $t_{нав.}$  (год.) причепа ворохом, що залежить від місткості кузова причепа та продуктивності льонозбирального комбайна:

$$t_{іаа.} = \Psi V_{ю.} / [ W_{еє} (0,703 U_{еі} + 2,46) ], \quad (1)$$

де  $\Psi$  – коефіцієнт використання місткості кузова причепа,  $\Psi = 0,50-0,98$  за середнього значення  $0,75$ ;  $V_{пр.}$  – місткість кузова причепа,  $m^3$ ;  $W_{лк}$  – продуктивність льонозбирального комбайна за годину змінного часу, га/год.;  $U_{лн}$  – урожайність льононасіння, ц/га.

У праці І.П. Копйова [8] наведені деякі експериментальні дані щодо визначення складових тривалості рейсу тракторно-транспортного засобу на перевезенні вороху, але які вимагають уточнення з урахуванням [15].

Кандидат технічних наук М.Н. Биков [3] запропонував залежність для визначення місткості бункера  $V_{лб}$  ( $m^3$ ) для збирання вороху в льонозбиральному комбайні:

$$V_{еа} = 100 G_{на} t_{аеа.} W_{д} [ \rho_{на} (W_{д} / W_{еє} - 1) ], \quad (2)$$

де  $G_{св}$  – вихід сирого вороху, ц/га;  $t_{вив.}$  – тривалість вивантаження вороху з бункера, год.;  $\rho_{св}$  – об'ємна маса сирого вороху,  $kg/m^3$ ;  $W_{т}$ ,  $W_{лк}$  – продуктивність льонозбирального агрегату за годину технологічного і змінного часу відповідно, га/год.

В іншій праці [2] М.Н. Биков наводить залежність для визначення часу роботи комбайна, що необхідний для наповнення кузова причепа продукцією  $t_{нав.}$  (год.):

$$t_{іаа.} = q_{т} / ( G_{на} \cdot W_{еє} ), \quad (3)$$

де  $q_{т}$  – вантажомісткість причепа, т;  $G_{св}$  – вихід продукції в сирому вигляді, т/га;  $W_{лк}$  – продуктивність комбайна за годину змінного часу, га/год.

У цій же праці [2] наведені опрацьовані номограми для визначення: 1) потреби в транспортних засобах для перевезення продукції від комбайнів з її навантаженням у причеплений за комбайном причіп; 2) часу заповнення причепа продукцією; 3) часу перевезення причепа в одному напрямі.

Зважаючи на наведений огляд літературних джерел та здійснені узагальнення з проектування транспортних операцій у рослинництві [10], слід зазначити, що з урахуванням опрацьованої методіки розрахунку продуктивності агрегатів на виконанні тракторно-транспортних робіт [15] визначення потреби в агрегатах на перевезенні вороху від льонозбиральних комбайнів вимагає подальших розробок.

**Мета дослідження** полягала у підвищенні ефективності використання льонозбирального комбайнового комплексу за рахунок удосконалення транспортного забезпечення збирального процесу шляхом опрацювання методики його розрахунку.

**Завдання дослідження:** 1) проаналізувати розрахункову залежність для визначення потреби в транспортних засобах та охарактеризувати складові рейсу тракторно-транспортного засобу при технологічному обслуговуванні збирального агрегату; 2) дослідити тривалості навантажування вороху в кузов тракторного причепа та його заміни при обслуговуванні льонозбиральних комбайнів.

**Основна частина. Об'єкт та методика дослідження.** Об'єктом дослідження були процеси накопичення вороху в кузові тракторного самоскидного причепа 2ПТС-4М, що був агрегований з льонозбиральним комбайном ЛК-4Т і трактором класу 1,4, та транспортування вороху тракторно-транспортним агрегатом у складі трактора класу 1,4 і причепа 2ПТС-4М від комбайна до сушильно-переробного пункту льоновороху. Методика дослідження полягала у застосуванні розрахункових залежностей, що визначають взаємозв'язки потреби в транспортних агрегатах та тривалостей рейсу і відповідних його складових [10, 12, 13, 15], проведенні хронометражних спостережень за роботою льонозбиральних комбайнових агрегатів у рядових умовах експлуатації при збиранні льону-довгунця. Листи хронометражних спостережень опрацьовували прийнятими методами з використанням залежностей математичної статистики.

**Результати досліджень.** Кількість тракторно-транспортних засобів (ТТЗ) для забезпечення безперебійної роботи і без зайвих простоїв льонозбирального агрегату можна визначити за формулою:

$$n_{\text{оф}} = t_{\text{р}} / (t_{\text{іаа}} + t_{\text{фодф}}), \quad (4)$$

де  $t_{\text{р}}$  – тривалість рейсу ТТЗ, хв.;  $t_{\text{нав}}$  – тривалість навантажування кузова причепа льоновим ворохом, хв.;  $t_{\text{зтз}}$  – тривалість заміни причепа, що у складі льонозбирального агрегату, хв.

Тривалість рейсу містить такі елементи часу:

$$t_{\text{д}} = t_{\text{іаа}} + t_{\text{фодф}} + t_{\text{сд}} + t_{\text{аао}} + t_{\text{оф}} + t_{\text{аа}}, \quad (5)$$

де  $t_{\text{зв}}$ ,  $t_{\text{об}}$  – тривалість рейсу ТТЗ відповідно з вантажем (від льонозбирального агрегату до сушильно-переробного пункту льоновороху) і без вантажу (від сушильно-переробного пункту до льонозбирального агрегату), хв.;  $t_{\text{дпр}}$  – витрата часу впродовж рейсу на додаткову допоміжну роботу (зважування вантажу, оформлення документів, відкривання і закривання бортів, маневрування агрегату, очищення кузова), хв.;  $t_{\text{дпр}} = 7$  хв. [15];  $t_{\text{роз}}$  – тривалість розвантажування ТТЗ у складі з причепом, який перекидають, хв.

При проектуванні транспортних процесів тривалість розвантажування визначають шляхом хронометражних спостережень. Крім того, в технічних характеристиках деяких причепів є відомості про час піднімання платформи з вантажем та опускання порожньої. Аналіз цього часу показав, що при зміні вантажопідйомності в межах 2–13 т він неістотно залежить від останньої. Тому для практичних розрахунків з проектування окремих операцій транспортного процесу можна прийняти максимальні значення часу піднімання і опускання платформи, а саме 30 і 50 с відповідно, що разом становить 1 хв. 20 с. З урахуванням фізико-механічних властивостей вороху, організаційних факторів та керуючись відомостями про тривалість розвантажування автомобілів-самоскидів [12], тривалість розвантажування тракторних причепів шляхом їх перекидання можна прийняти такою, що дорівнює 4 хв.

Тривалість рейсу ТТЗ з вантажем  $t_{\text{зв}}$  (хв.) і без вантажу  $t_{\text{об}}$  (хв.) визначають на такій підставі. Маршрут руху ТТЗ при транспортуванні вороху до сушильно-переробного пункту визначає землекористування підприємства, і зазвичай відстань руху ТТЗ, завантаженого ворохом,  $l_{\text{зв}}$  дорівнює відстані руху ТТЗ без вороху  $l_{\text{об}}$  ( $l_{\text{зв}} = l_{\text{об}}$ ). Швидкості руху ТТЗ з вантажем  $v_{\text{зв}}$  і без вантажу  $v_{\text{об}}$  нормовані з урахуванням складу ТТЗ та класу вантажу і групи доріг при визначенні  $v_{\text{зв}}$  і групи доріг при визначенні  $v_{\text{об}}$  [15]. Для визначення швидкостей  $v_{\text{зв}}$  і  $v_{\text{об}}$  слід здійснити тяговий розрахунок ТТЗ.

Тяговий опір завантаженого ворохом причепа  $R_{\text{а}}$  (кН) при його транспортуванні від льонового поля до сушильно-переробного пункту визначають за формулою:

$$R_{\text{а}} = [10^{-3} g(m_{\text{ю}} + V_{\text{ю}} \cdot \rho_{\text{еа}} \cdot \psi)(f_{\text{ю}} \pm i)], \quad (6)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ ,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;  $m_{\text{пр}}$  – конструктивна маса причепа, кг;  $V_{\text{пр}}$  – місткість кузова причепа,  $\text{м}^3$ ;  $\rho_{\text{лв}}$  – об'ємна маса льонового вороху,  $\text{кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{лв}} = 130\text{--}350 \text{ кг/м}^3$  [14];  $\psi$  – коефіцієнт використання місткості кузова причепа;  $f_{\text{пр}}$  – коефіцієнт опору коченню причепа,  $f_{\text{пр}} = 0,04\text{--}0,44$ ;  $i$  – схил місцевості, соті частки одиниці.

Тяговий опір незавантаженого причепа  $R_{\text{ах}}$  (кН) під час руху тракторно-транспортного агрегату від сушильно-переробного пункту до льонового поля знаходять за формулою:

$$R_{\text{ао}} = 10^{-3} m_{\text{ю}} g(f_{\text{ю}} \pm i). \quad (7)$$

З використанням таблиць тягової характеристики трактора у складі тракторно-транспортного агрегату при його роботі на відповідному агрофоні (частіше стерні) будують графік зміни буксування  $\delta$  рушіїв залежно від тягового зусилля  $P_{\text{т}}$ . На підставі побудованого графіка зміни  $\delta$  залежно від  $P_{\text{т}}$  за обчисленими  $R_{\text{а}}$  і  $R_{\text{ах}}$  визначають буксування рушіїв з урахуванням відповідного тягового завантаження трактора. За технічною характеристикою трактора вибирають можливу робочу передачу, що забезпечує

реалізацію нормованої швидкості руху з урахуванням буксування рушіїв та тягового опору тракторно-транспортного агрегату.

Вибір передачі здійснюють за умови, що швидкості руху агрегату з ворохом  $v_{зв}$  і без вороху  $v_{бв}$  дорівнюють:

$$v_{зв} = v_T(1 - \delta_{R_a}) \tag{8}$$

і

$$v_{бв} = v_T(1 - \delta_{R_{ак}}) . \tag{9}$$

При цьому повинно забезпечуватися дотримання таких співвідношень:

$$v_{зв} \leq v_{р.нор} \quad \text{і} \quad v_{бв} \leq v_{х.нор} , \tag{10}$$

де  $v_T$  – теоретична (розрахункова) швидкість руху трактора на відповідній передачі, що наведена в технічній характеристиці трактора, км/год.;  $\delta_{R_a}$  і  $\delta_{R_{ак}}$  – буксування рушіїв трактора при тяговому навантаженні, що дорівнює  $R_a$  і  $R_{ак}$  відповідно, соті частки одиниці;  $v_{р.нор}$  і  $v_{х.нор}$  – нормовані швидкості тракторно-транспортного агрегату під час руху з ворохом і без вороху відповідно, км/год.

Вибравши передачу трактора і з'ясувавши чисельні значення швидкостей руху  $v_{зв}$  і  $v_{бв}$ , визначають час руху тракторно-транспортного агрегату з ворохом  $t_{зв}$  (хв.) і без вороху  $t_{бв}$  (хв.):

$$t_{зв} = 60l_B / v_{зв} \quad \text{і} \quad t_{бв} = 60l_B / v_{бв} , \tag{11}$$

де  $l_B$  – відстань від місця роботи комбайна до сушильно-переробного пункту, км.

Отже, залишаються не з'ясованими складові часу рейсу  $t_{нав.}$  і  $t_{зтз}$ . На рисунку 1 наведені полігони і криві нормального розподілу тривалостей заміни причепів  $t_{зтз}$ , навантажування вороху в кузов причепа  $t_{нав.}$  та основного часу зміни  $T_p$  роботи льонозбиральних комбайнових агрегатів.

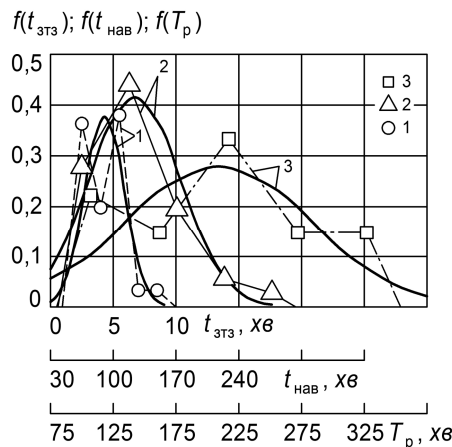


Рис. 1. Полігони і криві нормального розподілу тривалості: 1 – заміни причепів  $t_{зтз}$ ; 2 – навантажування вороху в кузов причепа  $t_{нав.}$ ; 3 – основного часу зміни  $T_p$

У таблиці 1 наведені основні статистичні показники емпіричних розподілів досліджуваних тривалостей часу.

Таблиця 1

Основні статистичні показники досліджуваних елементів часу

Тривалість, хв.	Статистичний показник				Показник міри		Відношення показника міри до його середнього квадратичного відхилення для	
	розмах варіювання	середнє арифметичне значення	середнє квадратичне відхилення	коефіцієнт варіації, %	асиметрії	ексцесу	асиметрії	ексцесу
							асиметрії	ексцесу
Заміни причепів	1,0–10,0	4,3	1,6	37,0	0,46	-0,38	1,47	0,61
Навантажування вороху в кузов причепа	39–303	124	51	41,1	0,89	0,71	2,18	0,87
Основного часу зміни	80–354	209	73	34,9	0,0067	-1,54	0,014	1,63

З таблиці видно, що за значеннями показників асиметрії і ексцесу та відношеннями цих показників до своїх середніх квадратичних відхилень досліджувані розподіли можна вважати такими, що узгоджуються з нормальним законом. Визначені статистичні показники варто використовувати при проектуванні й організації транспортно-забезпечення комбайнового збирання льону-довгунця.

**Висновки.** Для реалізації потоковості льонозбирального комбайнового комплексу необхідно забезпечити безперебійне транспортування вороху від працюючих комбайнів. Опрацьована методика розрахунку цього транспортування за умови її впровадження в організацію льонозбирального процесу сприятиме поліпшенню ефективності використання машин на збиранні льону-довгунця. Досліджено тривалість окремих складових рейсу тракторно-транспортних агрегатів на перевезенні льонового вороху від комбайнів до сушильно-переробних пунктів. Розподіл цих тривалостей підкоряється нормальному закону з визначеними основними статистичними показниками. З використанням з'ясованих закономірностей можна вести розрахунки щодо визначення потреби в тракторно-транспортних агрегатах для технічного обслуговування льонозбиральних комбайнів.

**Напрямки подальших розвідок,** на нашу думку, мають бути зосереджені на дослідженні і з'ясуванні закономірностей формування розмірів партій вороху, що надходять від льонозбиральних комбайнів та визначають завантаження сушильно-переробних пунктів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Бакулев Л.С. Элементы теории и расчет производственного процесса уборки урожая / Л.С. Бакулев // Оптимальное проектирование сельскохозяйственных производственных процессов : науч. тр. ВАСХНИЛ ; под ред. В.А. Желиговского. – М. : Колос, 1971. – С. 3–12.
2. Быков Н.Н. Расчет транспортных средств для перевозки продукции от уборочных агрегатов / Н.Н. Быков // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1981. – № 1. – С. 33–35.
3. Быков Н.Н. Тенденции развития льонокомбайнов / Н.Н. Быков // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1977. – № 9. – С. 14–17.
4. Волков Б.Г. Нормирование тракторных работ цикловым методом / Б.Г. Волков, Л.К. Кошкин // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1963. – № 2. – С. 20–22.
5. Горячкин М.И. Организационно-экономическое обоснование поточного способа уборки зерновых / М.И. Горячкин // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1963. – № 3. – С. 12–15.
6. Завалишин Ф.С. О проектировании на оптимум сборочно-транспортных процессов в сельском хозяйстве / Ф.С. Завалишин // Земледельческая механика : сб. тр. : под ред. В.А. Желиговского. – М. : Машиностроение, 1968. – Т. 10. – С. 121–138.
7. Коганов А.Б. Методы расчета поточных производственных линий на уборке урожая / А.Б. Коганов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1963. – № 3. – С. 18–19.
8. Копьев И.П. Производительность пунктов сушки и переработки льняного вороха при поточной комбайновой уборке льна-долгунца / И.П. Копьев // Тр. Всесоюз. ордена Трудового Красного Знамени НИИ льна: экономика, механизация льноводства, первичная обработка льна. – Торжок, 1972. – Вып. 10. – С. 100–113.
9. Краюшкин Е.М. О некоторых вопросах согласования работы комбайнов и транспортных средств / Е.М. Краюшкин // Оптимальное проектирование сельскохозяйственных производственных процессов : науч. тр. ВАСХНИЛ ; под ред. В.А. Желиговского. – М. : Колос, 1971. – С. 155–162.
10. Лімонт А.С. Використання транспортних та вантажно-розвантажувальних засобів в аграрному виробництві: задачник : навч. посібн. / А.С. Лімонт. – Житомир : ЖІТІ, 1999. – 52 с.
11. О ритмах продолжительности операций уборки сахарной свеклы / В.И. Бессарабов, И.Д. Еремеев, И.П. Бармика и др. // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1976. – № 10. – С. 7–11.
12. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка : учеб. пособие / Н.Э. Фере, В.З. Бубнов, А.В. Еленев, Л.М. Пильщиков. – М. : Колос, 1978. – 256 с.
13. Типові норми виробітку і витрачання палива на тракторно-транспортні роботи у сільському господарстві. – К. : Урожай, 1987. – 416 с.
14. Толковский В.А. Исследование льняного вороха как материала для сушки / В.А. Толковский // Тр. Всесоюз. НИИ льна. – Калинин : Калининское книжное издательство, 1958. – Вып. V. – С. 225–235.
15. Тракторно-транспортні роботи. Методика розрахунку та норми виробітку і витрати пального / В.В. Вітвіцький, Н.М. Семененко, І.В. Лобастов, А.І. Панкова ; за ред. В.В. Вітвіцького. – К. : ТОВ “Комплекс Віта”, 1995. – Кн. 5. – 486 с.

16. *Фришев С.Г.* Розробка раціонального складу збирально-транспортного комплексу / *С.Г. Фришев* // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету: сучасні проблеми землеробської механіки. – Дніпропетровськ, 2009. – № 2. – С. 236–239.
17. *Шавлохов А.Е.* Принципы проектирования поточных линий в растениеводстве / *А.Е. Шавлохов* // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1977. – № 8. – С. 5–8.

ЛИМОНТ Анатолій Станіславович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри машиновикористання Житомирського національного агроекологічного університету.

Наукові інтереси:

– експлуатація та обслуговування машин і обладнання.

Тел./факс (роб.): (0412) 37-49-31 / 22-14-02.

E-mail: [ecos@academy.zt.ua](mailto:ecos@academy.zt.ua)

ЛОМАКІН Володимир Олександрович – асистент кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– діагностика транспортних засобів;

– визначення кінематичних та динамічних параметрів роботи привода.

Тел./факс (роб.): 37-46-24 (0412) 24-14-22.

E-mail: [lemru@mail.ru](mailto:lemru@mail.ru)

Подано 18.05.2010

**Лімонт А.С., Ломакін В.О.** Дослідження і розрахунок транспортування вороху в льнозбиральному комбайновому комплексі

**Лимонт А.С., Ломакин В.А.** Исследование и расчет транспортирования вороха в льноуборочном комбайновом комплексе

**Limont A.S., Lomakin V.A.** Researching and calculation of transportation of heap by flax harvester complex

УДК 631.172:633.521

**Исследование и расчет транспортирования вороха в льноуборочном комбайновом комплексе / А.С. Лимонт, В.А. Ломакин**

Охарактеризованы и определены составляющие транспортного процесса вороха при уборке льна-долгунца комбайнами. Предложена методика расчета элементов продолжительности рейса тракторно-транспортных агрегатов по транспортированию вороха в льноуборочном комбайновом комплексе. Исследованы продолжительности загрузки прицепов ворохом и их замены при проектировании уборочных работ.

УДК 631.172: 633.521

**Researching and calculation of transportation of heap by flax harvester complex / A.S. Limont, V.A. Lomakin**

The paper characterizes and defines the components of transportation process of heap when harvesting fiber flax by harvesters. The paper suggests methods of calculation the continuation of track of tractor machinery in harvester complex. The continuation of loading the heaps by trailers and their change when projecting harvesting is researched.