

УДК 631.171

Моделирование процесса уборки и подготовки к хранению кукурузы на зерно

А.И. Аникеев, А.Д. Калюжный, К.Г. Сыровицкий

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко (г. Харьков, Украина), kafedra_emtp@ukr.net*

В статье приведены методические подходы и результаты разработки алгоритмов процесса эффективной системы уборки урожая с целью оптимизации мощности всех звеньев от уборки до размещения зерна на хранение на примере одного из хозяйств Харьковской области. В связи с постоянным увеличением пахотных земель хозяйств и увеличением уровня механизации технологических процессов современное земледелие остро нуждается в качественном научном сопровождении производственных процессов и внедрении приёмов агрологистики для обеспечения получения высокой прибыли, продления срока службы машинно-тракторного парка и рационализации использования финансовых ресурсов и затрат труда. Авторы на конкретном примере доводят целесообразность внедрения элементов агрологистики. Указаны факторы что влияют на мощность. Представлена оптимальная модель уборочного комплекса. Учтены необходимые технологические простои, синхронизация темпа уборки, транспортировки и приема на элеваторе, производительность на протяжении всей уборочной кампании в расчете на каждую единицу техники. Авторами разработана методика решения задачи на базе MS Excel, которая дает возможность рассчитывать производительность агрегатов в режиме «экспресс», учитывая простой, поломки и метеорологические условия максимально приближенно к производственным условиям. Разработанная методика позволяет также построить графики загрузки агрегатов на каждый день и суммарный график за весь период, что дает возможность наглядно продемонстрировать темп изменения выработки машин, время простоев и поломок. Разработанный алгоритм позволяет ввести условия для расчетов и получения дополнительных данных, таких как расход топлива по каждому агрегату, затраты труда, затраты энергии, затраты средств на выполнение операций, что позволит своевременно принимать обоснованные управляющие и инженерные решения по использованию машинно-тракторного парка хозяйства и облегчит работу логистического отдела.

Ключевые слова: агрологистика, производительность, алгоритм, урожай, эффективность, система машин.

Постановка проблемы в общем виде. В современном сельском хозяйстве рыночная трансформация национальной экономики обуславливает необходимость интенсификации агропромышленного производства за счет устойчивого развития и более полного использования инструментария логистической науки [1]. Необходимо обосновать важность и необходимость реализации логистического подхода в деятельности предприятий отрасли. Отдельные исследования деятельности производителей сельскохозяйственной продукции Украины проводились Г. Шкариковским и Р. Шкариковским [2].

Анализ результатов последних исследований и публикаций. Теоретические и методические основы функционирования агрологистики рассматривались в работах многих ученых. В своих работах А.Н. Сумец обосновал проблемы разработки концепции логистической деятельности предприятий аграрного сектора экономики, раскрыл положительные эффекты от реали-

зации логистического подхода для производителей агропродукции и затронул вопросы концептуального подхода к организации логистической деятельности на предприятиях по производству и переработке сельскохозяйственной продукции [3], а так же актуальность внедрения логистики в хозяйственную деятельность предприятий АПК [4]. В. Нелеп посвятил свои исследования оценке экспортных возможностей агропродовольственного комплекса Украины [5]. Н. Присяжнюк, П. Саблук и М. Кропивко обосновывают необходимость и определяют направления углубления аграрной реформы [6]. Е.В. Шубравская, Н.А. Ринденко и Е. Прокопенко определяют перспективы модернизации аграрного сектора Украины [7; 8]. Также предпринимаются попытки внедрять элементы точного земледелия для увеличения прибыли [9], аргументировать показатели технической производительности уборочно-транспортного комплекса и определения их нужд [10; 11; 12], разрабатываются методики выбора

условий взаємодія зерноуборочного і транспортного комплексів [13; 14; 15], но в то жє время недостаточно освітєнними остаються проблеми введєння і розвитку логістики, як елемента експлуатації машинно-тракторного парку агропромислових підприємств, що визначило необхідність дальнєших наукових досліджень в цьому напрямку.

Цель дослідження – розробити процес ефективної системи збирання врожаю з метою підвищення потужності збирання комплексів. Проаналізувати фактори, впливаючі на потужність всіх ланок технологічного процесу збирання кукурузи. Розрахувати оптимальну модель збирання врожаю.

На кафедрі «Оптимізація технологічних систем імені Т.П. Евсюкова» Учебно-наукового інституту механотроніки і систем менеджменту ХНТУСХ імені Петра Василенка було виконано дослідження по розробці агротехнологій блочно-варіантних систем для господарств різних технологічних рівнів, результати котрого дозволили встановити сучасний стан технологічних процесів по основним сільськогосподарським культурам, в тому числі – кукурузи на зерно [16]. По аналізу отриманих даних виникла проблема по введєнні в систему збирання врожаю кукурузи на зерно елементів агрологістики.

Изложение основного материала. Для рішення поставленої задачі була представлено умовне господарство з базовими умовами, представлєними в таблиці 1.

Визначення загальної кількості кукурузи на зерно по всьї площі:

$$H_3 = H_r \cdot S_p, \text{ т}; \quad (1)$$

де: H_r – урожайність кукурузи з одного гектара, т/га; S_p – загальна площа поля, га;

$$H_3 = 10 \cdot 8000 = 80000 \text{ т.}$$

Слідовательно, необхідно зібрати 80000 тонн кукурузи на зерно за 40 робочих днів (максимум – 50 робочих днів). Кліматическа зона Харківської області – степ.

При розрахунок оптимальної моделі послєдовності збирання, транспортування, очищення від сорняків, сушки кукурузи на зерно, необхідно розставити пріоритети в циклі взаємозв'язаних операцій, розроблений алгоритм послєдовності котрого представлений на рис. 1.

По нашєму мненню, нєльзя допустити того щоб на сушку поступало бєльє 2000 тонн кукурузи в сутки. То єсть суммарний вироботок кожного із ланок нє повинен перевищувати 2000 тонн в сутки. Вироботка в сутки елеватора бєльє вироботки сушки, поєтому это звєно будєть виконувати роботу бєльє надєжно в циклі взаємо-

зв'язаних операцій. Для забезпечення системної цілєстності збирання-транспортного комплексу і максимальної завантаження роботи елеватора і сушки в циклі взаємозв'язаних операцій необхідно виконати умову поточності технологічного процесу по урівненню [17]:

$$W_{гз} n_k H_3 = W_{тр.з} n_{тр.з} = W_{елев} = W_{суш}$$

де $W_{гз}$; $W_{тз}$; $W_{елев}$; $W_{суш}$ – відповідально вироботка комбайна в сутки, т; вироботка транспортного засобу для вивозу зерна, т; вироботка елеватора, т; вироботка сушки т; n_k ; $n_{тр.з}$ – відповідально кількість комбайнів, транспортних засобів для вивозу зерна кукурузи; H_3 – урожайність кукурузи на зерно т/га.

Таблиця 1. Показатели діяльності умовного господарства при збиранні кукурузи

Культура	кукуруза
Урожайність, т/га	10
Влажність, %	24
Засоренність	5
Потужність елеватора:	
Приєм, т/ч	100
Сушка, т/сутки (от 24% до 14%)	2000
Відстань від поля до елеватора, км	80
Площа поля кукурузи, га	8000
Время збирання, робочих днів (календарних бєльє, в залежності від погоди, нє бєльє 50)	40
Начало збирання	20.09
Потужність комбайна, га/ч (без урахування простоя на ремонт, переємнуку, погоду)	5
Вантажопідємність автомобіля, т	30
Время вивозу автомобіля на елеваторе, ч	1

Необхідно визначити звєно збирання зерна кукурузи. Это звєно єсть найбільє залежним від багатьох факторів котрі можуть змінити вироботність, к сожалєнню, в сторону зменшення. Это погодні умови, переємди з поля на поле, простой на ремонт комбайнів. Вироботність комбайна складаєть 5 га /час. При виконанні работ в течєніє года погодні умови приводят к змєненню часової вироботності, котрі можна учитувати коефіцієнтом погодності K_p , котрий для осєнних работ складаєть $K_p = 0,7$ [18].

Для виконання збирання кукурузи пропєраємо умовний зерноуборочний комбайн з єм-

костью бункера 12,0 м³ и 12-рядной жаткой, с возможностью выгрузки зерна из бункера комбайна в прицеп-перегрузатель на ходу. Пересменку комбайнеры проводят во время принятия пищи, останавливая комбайн на несколько минут.

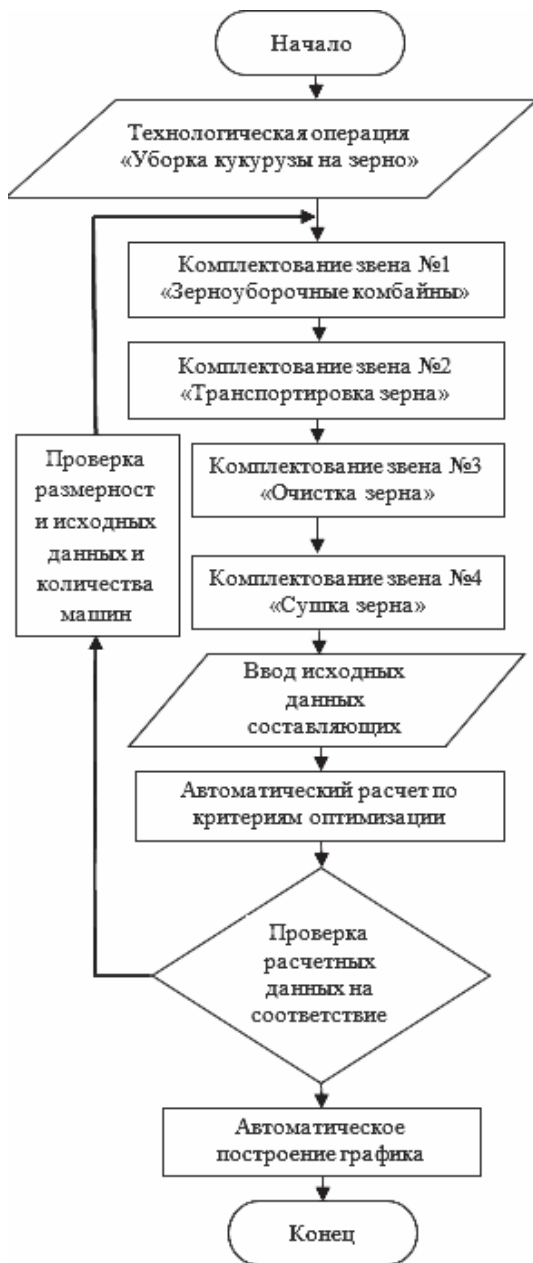


Рис. 1. Алгоритм последовательности взаимосвязанных операций

Организация работы комбайнов. Способ движения по полю – челночный, с предварительным обкашиванием поворотных полос. Для выгрузки зерна кукурузы на поле используются условные прицепы-перегрузатели [19] грузоподъемностью 30 тонн.

Это дает возможность загрузки одного транспортного средства на краю поля сразу. Рабочий день агрегатов составляет 14 часов, то есть в две смены. Время переездов с поля на поле не учитывается во время смены.

Определение производительности комбайна в час сменного времени с учетом коэффициента погодности, га/ч:

$$W_{\text{ч.зм}} = W_0 \cdot K_{\text{п}}, \quad (2)$$

где W_0 – производительность комбайна в час сменного времени, га/ч; $K_{\text{п}}$ – коэффициент погодности; $K_{\text{п}} = 0,7$.

$$W_{\text{ч.зм}} = 5 \cdot 0,7 = 3,5 \text{ га/ч};$$

Определение производительности комбайна в час сменного времени выраженной в тоннах, т/ч [17]:

$$W_{\text{зм}} = W_{\text{ч.зм}} \cdot H_3, \quad (3)$$

где H_3 – урожайность кукурузы с 1 гектара, т; $H_3 = 10$.

$$W_{\text{зм}} = 3,5 \cdot 10 = 35 \text{ т/ч}.$$

Для обеспечения намолоту зерна кукурузы в сутки всеми комбайнами в объеме до 2000 тонн необходимо 41 рабочий день.

Определение необходимого количества комбайнов:

$$n_a = \frac{W}{W_{\text{ч.зм}} \cdot T_{\text{р.д}} \cdot D_{\text{р}}}, \quad (4)$$

где W – объем работ, га; $T_{\text{р.д}}$ – продолжительность рабочего дня, ч; $T_{\text{р.д}} = 14$; $D_{\text{р}}$ – количество рабочих дней. $D_{\text{р}} = 41$.

$$n_a = \frac{8000}{3,5 \cdot 14 \cdot 41} = 3,98 \text{ шт.}$$

Для обеспечения необходимой выработки звена уборки принимаем 4 комбайна. По рассчитанным формулам (2...4) получаем, что каждый комбайн имеет производительность 3,5 га/ч (35 т/ч), что вместе составляет 196 га в сутки (1960 т в сутки). Производительность комбайнов за каждый день работы представлена в табл. 2.

Таблица 2. Производительность агрегатов для уборки

Дни	Суммарная производительность комбайнов, га	Суммарная производительность комбайнов, т
1	196,00	1960,00
2	392,00	3920,00
.....		
40	7840,00	78400,00
41	8001,00	80010,00

Проанализировав данные табл. 2 видно, что принятые комбайны в количестве 4 шт. в сутки намолачивают 1960 т кукурузы, что удовлетворяет условия задачи по критериям пропускной способности элеватора (сушка – 2000 т/сутки), то есть 98%.

Для определения количества транспортных средств для отвозки зерна кукурузы от поля на элеватор определяем из условий поточности выполнения уборки и транспортировки зерна по формуле:

$$W_{\text{тр.з}} n_{\text{тр.з}} = \frac{W_{\text{ч.з.м}} \cdot n_{\text{к}}}{H_{\text{к.з}}} \quad (5)$$

Определение производительности транспортного средства:

$$W_{\text{тр.з}} = \frac{g_{\text{тз}}}{t_{\text{об.тз}}}, \quad (6)$$

где $g_{\text{тз}}$ – грузоподъемность транспортного средства, т; $t_{\text{об.тз}}$ – время оборота транспортного средства, ч.

Время оборота транспортного средства:

$$t_{\text{об.тз}} = \frac{S_3}{V_{\text{р.тз}}} + \frac{S_3}{V_{\text{х.тз}}} + t_{\text{нав}} + t_{\text{роз}}, \quad (7)$$

где S_3 – расстояние перевозки зерна, км; $V_{\text{р.тз}}$ и $V_{\text{х.тз}}$ – скорость движения транспортного средства; $V_{\text{р.тз}} = 60$ км/ч, $V_{\text{х.тз}} = 70$ км/ч; $t_{\text{нав}}$ – время погрузки транспортного средства, ч=0,15; $t_{\text{роз}}$ – среднее время разгрузки транспортного средства с учетом простоев в очереди, ч = 1.

$$t_{\text{об.тз}} = \frac{80}{60} + \frac{80}{70} + 0,15 + 1 = 3,63;$$

$$W_{\text{тр.з}} = \frac{30}{3,63} = 8,26 \text{ т.}$$

Определение необходимого количества транспортных средств:

$$n_{\text{тр.з}} = \frac{W_{\text{тз}}}{W_{\text{тр.з}}} H_3 n_{\text{к}}, \quad (8)$$

$$n_{\text{тр.з}} = \frac{3,5}{8,26} \cdot 10 \cdot 4 = 17 \text{ шт.}$$

Для обеспечения поточности выполнения процесса уборки кукурузы на зерно необходимо 17 транспортных средств.

Выводы.

1. Для обеспечения поточности уборки кукурузы на зерно в срок необходимо иметь 4 зерноуборочных комбайна, 3 прицепа-перегрузателя, 17 транспортных средств для перевозки зерна на элеватор.

2. Производительность транспортных средств, которая больше производительности зерноуборочных комбайнов, обеспечивает беспере-

бойную работу звена уборки при его максимальной ее загрузке.

3. Производительность транспортных средств в некоторые из дней может превышать возможности принятия элеватором зерна – в таком случае транспортные средства будут дольше находиться в очереди на разгрузку.

4. По результатам расчетов для обеспечения поточности уборки кукурузы на зерно и учитывая условия задачи необходимо 14-часовой 41 рабочий день. Форс-мажорные ситуации (поломки, простой и т.д.) возможно решить путем введения резервной машины в необходимое звено (например, комбайн в звено уборки или автомобиль в звено транспортировки) или увеличением количества рабочих дней в пределах условий задачи.

5. Авторами разработана методика решения задачи на базе MS Excel, которая дает возможность рассчитывать производительность агрегатов в режиме «экспресс», учитывая простой, поломки и метеорологические условия максимально приближенно к производственным условиям.

6. Разработанная методика позволяет также построить графики загрузки агрегатов на каждый день и суммарный график за весь период, что дает возможность наглядно продемонстрировать темп изменения выработки машин, время простоев и поломок.

7. Разработанный алгоритм позволяет ввести условия для расчетов и получения дополнительных данных, таких как расход топлива по каждому агрегату, затраты труда, затраты энергии, затраты средств на выполнение операций, что позволит своевременно принимать обоснованные управляющие и инженерные решения по использованию машинно-тракторного парка хозяйства и облегчит работу логистического отдела.

Литература

1. Гриценко С.И. Становление и развитие аграрной логистики в Украине. Научные труды ДонНТУ. Серия: экономическая. – 2014. – №5. – С. 185-189.
2. Шкариковский Г. Отдельные результаты исследования деятельности сельскохозяйственной продукции Украины / Г. Шкариковский, Р. Шкариковский // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2014. – Vol. 16. – No 3. – С. 138-143.
3. Сумец А.Н. Концептуальный подход к организации логистической деятельности на предприятиях по производству и переработке сельскохозяйственной продукции. Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D: экономические и юридические науки. – 2014. – № 14. – С. 123-127.

4. Сумець А.М. Актуальність запровадження логістики в господарську діяльність підприємств АПК. Логистика: проблемы и решения / А.М. Сумець. – 2013. – № 4. – С. 38 - 44.

5. Нелеп В. Оценка экспортных возможностей агропродовольственного комплекса Украины / В. Нелеп // Экономика Украины. – 2011. – №9. – С. 54 - 63.

6. Присяжнюк Н. О необходимости и направлениях углубления аграрной реформы / Н. Присяжнюк, П. Саблук, М. Кропивко // Экономика Украины. – 2011. – №6. – С. 4 -16.

7. Шубравская Е.В. Оптовые рынки сельскохозяйственной продукции: европейский опыт и украинские перспективы / Е.В. Шубравская, Н.А. Рынденко // Экономика Украины. – 2012. – №8. – С. 77 - 85.

8. Шубравская Е.В. Перспективы модернизации аграрного сектора Украины / Е.В. Шубравская, Е.А. Прокопенко // Экономика Украины. – 2013. №8. – С. 64 -76.

9. Мельник В. Экономическая эффективность элементов системы точного земледелия / В. Мельник, М. Цыганенко, А. Анিকেев, К. Сыровицкий // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2015. – Vol. 17. – No 7. – С. 61 - 66.

10. Музылёв Д. Критерий выбора рациональной технологии доставки сельскохозяйственных грузов / Д. Музылёв, Н. Карнаух, Н. Бережная, О. Кутья // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2015. – Vol. 17. – No 7. – С. 67 - 72.

11. Мельник В.И. Определение нужд погрузо-разгрузочных и транспортных средств при уборке зерновых. Zbiór raportów naukowych. «Badania naukowe naszych czasów. Katowice, Wydawca, Sp. z o.o. «Diamond trading tour». – 2013. – 116 с.

12. Грипачевский Н. Исследование путей и повышения эффективности эксплуатации техники в фермерских хозяйства / Н. Грипачевский // MOTROL. Commission of Motorization and

Energetics in Agriculture. – 2013. – Vol. 15. – No 2. – С. 65 - 69.

13. Музылёв Д.А. Разработка методики выбора условий взаимодействия зерноуборочного и транспортного комплексов / Д.А. Музылёв, А.Г. Кравцов, Н.В. Карнаух, Н.Г. Бережная, О.В. Кутья // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – № 2/3 (80). – С. 11 - 21.

14. Нефьодов В.М. Рационалізація технологій перевезень зерна / В.М. Нефьодов, Ю.А. Ткаченко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – Т.3, – № 3 (63). – С. 13 -15.

15. Алькема В.Г. Логістика: Теорія та практика: навчальний посібник / В.Г. Алькема, О.М. Сумець // К.: Професіонал, 2008. – 272 с.

16. Харченко С.О. Напрямок в розробці агротехнологій блочно-варіантних систем для господарств різних технологічних рівнів / С.О. Харченко, О.І. Анікеєв, М.О. Циганенко, О.Д. Калюжний, Г.В. Рудницька, В.В. Качанов, О.М. Красноруцький, С.А. Чигрина, К.Г. Сировицький, Є.А. Гаєк // Вісник ХНТУСГ «Механізація сільськогосподарського виробництва». – 2015. – Вип. 156. – С. 174 -179.

17. Пастухов В.І. Довідник з машини використання в землеробстві / В.І. Пастухов, А.Г. Чигрин, П.А. Джолос, І.І. Мельник, В.Ю. Ільченко, О.І. Анікеєв, М.О. Циганенко, С.І. Пастушенко; За редакцією В.І. Пастухова. – Харків: «Веста» – 2001, 347 с.

18. Евсюков Т.П. Курсовое и дипломное проектирование по эксплуатации МТП / Т.П. Евсюков. – М.: Агропромиздат, 1985. – 143 с.

19. Тіщенко Л.М. Каталог сільськогосподарської техніки / Л.М. Тіщенко, В.І. Мельник, С.О. Харченко, О.І. Анікеєв, А.Г. Чигрин, М.О. Циганенко, О.Д. Калюжний, Г.В.Рудницька, О.А. Романашенко, О.М.Красноруцький, С.А. Чигрина, В.В. Качанов, Є.А. Гаєк, К.Г. Сировицький, Ю.О. Антонов, О.В. Кот; За редакцією Л.М. Тіщенка та В.І. Мельника. – Харків: ХНТУСГ, 2015. – 450 с.

Анотація

Моделювання процесу збирання та підготовки до зберігання кукурудзи на зерно

О.І. Анікеєв, О.Д. Калюжний, К.Г. Сировицький

У статті наведені методичні підходи та результати розробки алгоритмів процесу ефективної системи збирання врожаю з метою оптимізації потужності всіх ланок від збирання до розміщення зерна на зберігання на прикладі одного з господарств Харківської області. У зв'язку з постійним збільшенням орних земель господарств і збільшенням рівня механізації технологічних процесів сучасне землеробство має гостру потребу в якісному науковому супроводі виробничих процесів і впровадженні прийомів агрологістики для забезпечення високого прибутку, продовження терміну служби машинно-

тракторного парку та раціоналізації використання фінансових ресурсів і витрат праці. Автори на конкретному прикладі доводять доцільність впровадження елементів агрологістики. Вказані чинники що впливають на потужність. Представлена оптимальна модель збирального комплексу. Авторами розроблена методика рішення задачі на базі MS Excel, яка дає можливість розраховувати продуктивність агрегатів в режимі «експрес», з огляду на простої, поломки і метеорологічні умови, що є максимально наближеними до виробничих умов. Розроблена методика дозволяє також побудувати графіки завантаження агрегатів на кожен день і сумарний графік за весь період, що дає можливість наочно продемонструвати темп зміни виробітку машин, час простоїв і поломок.

Ключові слова: *агрологістика, продуктивність, алгоритм, урожай, ефективність, система машин.*

Abstract

Simulation of the corn harvesting and preparation for storage

A.I. Anikeev, A.D. Kalyzhniy, K.G. Sirovitskiy

The article presents the methodological approaches and the results algorithm development process of an effective system of harvest in order to optimize powerfully of all parts of the harvesting to accommodate storage of grain on the example of one of the farms of the Kharkiv region. Due to the constant increase in the total holdings and an increase in the level of mechanization of technological processes of a modern farms desperately needs scientific activity manufacturing processes and implement agrologistics techniques for recipients of high profits, extend the life of machinery and rationalize using of financial resources and labor costs. The authors bring a concrete example the feasibility of agrologistics elements. These facts that affect power. Presented optimal model of harvesting complex. Takes into account non-technological need for downtime, synchronization gathering pace, transportation and admission to elevator, productivity throughout the harvesting campaign, based on each piece of equipment. The authors have developed a method of solving the problem on the basis of MS Excel, which allows performance units in the "express" mode, taking into account the simple breakdowns and meteorology conditions as close to production-governmental conditions.

Keywords: *agrologistics, performance, algorithm, harvest efficiency, the machine system.*

Представлено від редакції: В.І. Мельник / Presented on editorial: V.I. Melnyk

Рецензент: А.М. Сумець / Reviewer: A.M. Sumec

Подано до редакції / Received: 06.03.2017