

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ПРОЦЕССА УБОРКИ УРОЖАЯ КУКУРУЗЫ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АГРОЛОГИСТИКИ

Александр Аникеев, Михаил Цыганенко, Кирилл Сыровицкий, Алина Коваль
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко

Московский пр., 45, Харьков, Украина. E-mail: kafedra_emtp@ukr.net

Alexander Anikeev, Michael Tsyganenko, Kirill Sirovitskiy, Alina Koval
Kharkiv Petro Vasilenko National Technical University of Agriculture
Moskovskiyi prospect, 45, Kharkov, Ukraine. E-mail: kafedra_emtp@ukr.net

Аннотация. 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 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 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 реализации 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. Кропиво 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 [10-12], разрабатываются методики выбора условий взаимодействия зерноуборочного и транспортного комплексов [13-15], но в то же время недостаточно освещенными остаются проблемы внедрения и развития логистики, как элемента эксплуатации машинно-тракторного парка агропромышленных предприятий, что определило необходимость дальнейших научных исследований в этом направлении.

На кафедре «Оптимизация технологических систем имени Т.П. Евсюкова» Учебно-научного института мехатроники и систем менеджмента ХНТУСХ имени Петра Василенко было выполнено исследование по разработке агротехнологий блочно-вариантных систем для хозяйств различных технологических уровней, результаты которого позволили установить современное состояние технологических процессов по основному сельскохозяйственным культурам, в том числе – кукурузы на зерно [16]. По анализу полученных данных возникла проблема во внедрении в систему уборки урожая кукурузы на зерно элементов агрологистики.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Разработать процесс эффективной системы уборки урожая с целью повышения мощности уборочных комплексов. Проанализировать факторы, влияющие на мощность всех звеньев технологического процесса уборки кукурузы. Рассчитать оптимальную модель уборки урожая.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для решения поставленной задачи была представлено условное хозяйство с базовыми условиями, представленными в табл. 1.

Таблица 1. Показатели деятельности условного хозяйства при уборке кукурузы

Table 1. Indicators conditional farming activities corn harvesting

Культура	кукуруза
Урожайность, т/га	10
Влажность, %	24
Засоренность	5
Мощность элеватора	
Прием, т/ч	100
Сушка, т/сутки (от 24% до 14%)	2000
Расстояние от поля до элеватора, км	80
Площадь поля кукурузы, га	8000
Время уборки, рабочих дней (календарных больше, в зависимости от погоды, но не более 50)	40
Начало уборки	20.09
Мощность комбайна, га/ч (без учета простоя на ремонт, пересменку, погоду)	5
Грузоподъемность автомобиля, т	30
Время выгрузки автомобиля на элеваторе, ч	1

Определение общего объема кукурузы на зерно со всей площади:

$$H_3 = H_2 S_n, \quad (1)$$

где: H_2 – урожайность кукурузы с одного гектара, т/га; S_n – общая площадь поля, га.

Следовательно, необходимо собрать 80000 тонн кукурузы на зерно за 40 рабочих дней (максимум – 50 рабочих дней). Климатическая зона Харьковской области – степь.

При расчете оптимальной модели последовательности уборки, транспортировки, очистки от

сорняков, сушки кукурузы на зерно, необходимо расставить приоритеты в цикле взаимосвязанных операций, разработанный алгоритм последовательности которого представлен на рис. 1.

По нашему мнению, нельзя допустить того чтобы на сушку поступало более 2000 тонн кукурузы в сутки. То есть суммарный выработок каждого из звеньев не должен превышать 2000 тонн в сутки. Выработка в сутки элеватора больше выработки сушки, поэтому это звено будет выполнять работу более надежно в цикле взаимосвязанных операций. Для обеспечения системной целостности уборочно-транспортного комплекса и максимальной загрузки работы элеватора и сушилки в цикле взаимосвязанных операций необходимо выполнить условие точности технологического процесса по уравнению [17]:

$$W_{23} n_k H_3 = W_{mp.3} n_{mp.3} = W_{елев} = W_{суш}$$

где: W_{23} ; $W_{мз}$; $W_{елев}$; $W_{суш}$ – соответственно выработка комбайна в сутки, т; выработка транспортного средства для отвозки зерна, т; выработка элеватора, т; выработка сушилки т; n_k ; n_k – соответственно количество комбайнов, транспортных средств для отвозки зерна кукурузы; H_3 – урожайность кукурузы на зерно т/га.

Необходимо определиться со звеном уборки зерна кукурузы. Это звено является наиболее зависимым от многих факторов которые могут изменить производительность, к сожалению, в сторону уменьшения. Это погодные условия, переезды с поля на поле, простой на ремонт комбайнов. Производительность комбайна составляет 5 га /час. При выполнении работ в течение года погодные условия приводят к изменению часовой производительности, которые можно учитывать коэффициентом погодности K_n , который для осенних работ составляет $K_n = 0,7$ [18].

Для выполнения уборки кукурузы предлагаем условный зерноуборочный комбайн с емкостью 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 пицы, останавливая комбайн на несколько минут.

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:

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

где: W_0 – производительность комбайна в час сменного времени, га/ч; K_n – коэффициент погодности; $K_n = 0,7$.

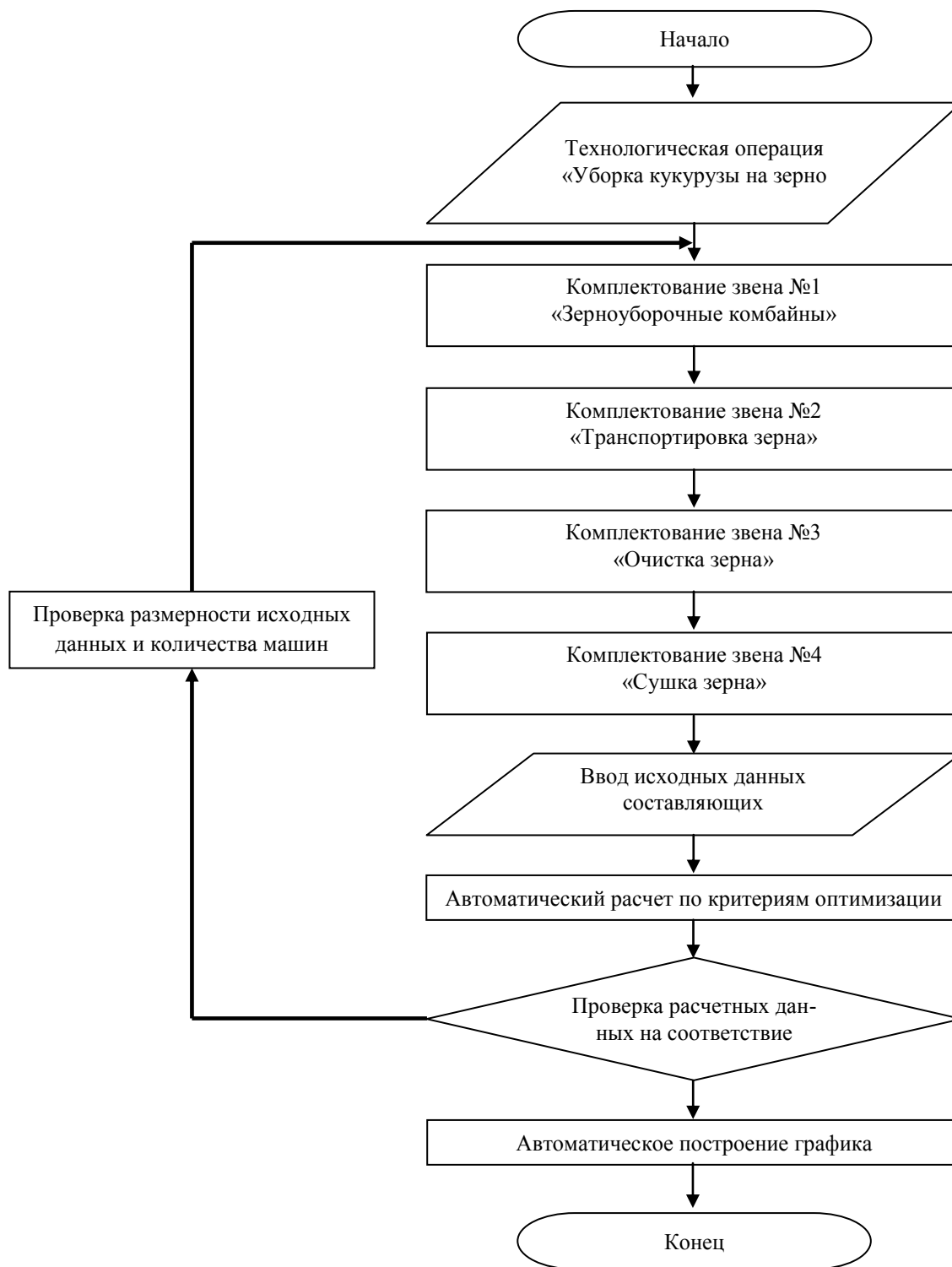


Рис. 1. Алгоритм последовательности взаимосвязанных операций
Fig. 1. Algorithm of sequence of the technological operations

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

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

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

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

Определение необходимого количества комбайнов:

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

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

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

Table 2. Performance units for harvesting

Дни	Суммарная производительность комбайнов, га	Суммарная производительность комбайнов, т
1	196,00	1960,00
2	392,00	3920,00
3	588,00	5880,00
4	784,00	7840,00
5	980,00	9800,00
6	1176,00	11760,00
7	1372,00	13720,00
8	1568,00	15680,00
9	1764,00	17640,00
10	1960,00	19600,00
11	2156,00	21560,00
12	2352,00	23520,00
13	2548,00	25480,00
14	2744,00	27440,00
15	2940,00	29400,00
16	3136,00	31360,00
17	3332,00	33320,00
18	3528,00	35280,00
19	3724,00	37240,00
20	3920,00	39200,00
21	4116,00	41160,00
22	4312,00	43120,00
23	4508,00	45080,00
24	4704,00	47040,00
25	4900,00	49000,00
.....		
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:

$$W_{мр.з} n_{мр.з} = \frac{W_{ч.зм} \cdot n_k}{H_{к.з}}, \quad (5)$$

Определение производительности транспортного средства:

$$W_{мр.з} = \frac{g_{мз}}{t_{об.мз}}, \quad (6)$$

где: $g_{мз}$ – грузоподъемность транспортного средства, т; $t_{об.мз}$ – время оборота транспортного средства, ч.

Время оборота транспортного средства:

$$t_{об.мз} = \frac{S_3}{V_{р.мз}} + \frac{S_2}{V_{х.мз}} + t_{нав} + t_{роз}, \quad (7)$$

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

Определение необходимого количества транспортных средств:

$$n_{мр.з} = \frac{W_{мз}}{W_{мр.з}} H_3 n_k, \quad (8)$$

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 бесперебойную 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. Обеспечение максимальной загрузки элеватора и сушилки будет в том случае, когда элеватор сможет принять зерно в несколько дней с принудительной вентиляцией.

5. Прицепы-перегрузатели используются не только для вывоза зерна на край поля, но и как емкость для перегрузки зерна в случае отсутствия транспортных средств.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гриценко С.И. 2014. Становление и развитие аграрной логистики в Украине. Научные труды ДонНТУ. Серия: экономическая. №5. 185-189.
2. Шкариковский Г., Шкариковский Р. 2014. Отдельные результаты исследования деятельности сельскохозяйственной продукции Украины. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture –Vol. 16. No 3. 138-143.
3. Сумець А.Н. 2014. Концептуальный подход к организации логистической деятельности на предприятиях по производству и переработке сельскохозяйственной продукции. Вестник Полтавского государственного университета. Серия D: экономические и юридические науки. № 14. 123-127.
4. Сумець А.М. 2013. Актуальность внедрения логистики в хозяйственную деятельность предприятий АПК. Логистика: проблемы и решения. № 4. 38-44. (Украина).
5. Нелеп В. 2011. Оценка экспортных возможностей агропродовольственного комплекса Украины / Экономика Украины. №9. 54-63. (Украина).
6. Присяжнюк Н., Саблук П., Кропивко М. 2011. О необходимости и направлениях углубления аграрной реформы. Экономика Украины. №6. 4-16. (Украина).
7. Шубравская Е.В., Рынденко Н.А. 2012. Оптовые рынки сельскохозяйственной продукции: европейский опыт и украинские перспективы. Экономика Украины. №8. 77-85. (Украина).
8. Шубравская Е.В., Прокопенко Е.А. 2013. Перспективы модернизации аграрного сектора Украины. Экономика Украины. №8. 64-76. (Украина).
9. Мельник В., Цыганенко М., Анисеев А., Сыровицкий К. 2015. Экономическая эффективность элементов системы точного земледелия. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Vol. 17. No 7. 61-66.
10. Музылёв Д., Карнаух Н., Бережная Н., Кутья О. 2015. Критерий выбора рациональной технологии доставки сельскохозяйственных грузов. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Vol. 17. No 7. 67-72.
11. Мельник В.И. 2013. Определение нужд погрузо-разгрузочных и транспортных средств при уборке зерновых. Zbiór raportów naukowych. «Badania naukowe naszych czasów. Katowice, Wydawca, Sp. zo.o. «Diamond trading tour». 116.
12. Грипачевский Н. 2013. Исследование путей и повышения эффективности эксплуатации техники в фермерских хозяйствах. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Vol. 15. No 2. 65-69.
13. Музылёв Д.А., Кравцов А.Г., Карнаух Н.В., Бережная Н.Г., Кутья О.В. 2016. Разработка методики выбора условий взаимодействия зерноуборочного и транспортного комплексов. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2/3 (80). 11-21. (Украина).
14. Нефедов В.Н., Ткаченко Ю.А. 2013. Рационализации технологий перевозок зерна. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Т.3, № 3 (63). 13-15. (Украина).
15. Алькема В.Г., Сумець А.Н. 2008. Логистика: Теория и практика: учебное пособие. Киев: Изд. дом «Профессионал», 270. (Украина).
16. Харченко С.А., Анисеев А.И., Цыганенко М.А., Калюжный А.Д., Рудницкая В., Качанов В.В., Красноруцкий А.Н., Чигрина С.А., Сыровицкий К., Гаек Е.А. 2015. Направление в разработке агротехнологий блочно-вариантных систем для хозяйств различных технологических уровней. Вестник ХНТУСГ «Механизация сельскохозяйственного производства». Вып. 156. 174-179. (Украина).
17. Пастухов В.И., Чигрин А.Г., Джолос П.А., Мельник И.И., Ильченко В.Ю., Анисеев А.И., Цыганенко М.А., Пастушенко С.И. 2001. Справочник по машиновикористання в земледелии / под ред. В.И. Пастухова. - Харьков: "Веста", 347. (Украина).
18. Евсюков Т.П. 1985. Курсовое и дипломное проектирование по эксплуатации МТП. - М. : Агропромиздат, 143.
19. Тищенко Л.М., Мельник В.И., Харченко С.А., Анисеев А.И., Чигрин А., Цыганенко М.А., Калюжный А.Д., Рудницкая В., романа-шенко А.А., Красноруцкий А.Н., Чигрина С.А., Качанов В.В., Гаек Е.А., Сыровицкий К., Антонов Ю.А., Кот А.В. 2015. Каталог сельскохозяйственной техники / Под редакцией Л.М. Тищенко и В.И. Мельника. - Харьков: ХНТУСГ имени Петра Василенко, 450.

TO THE QUESTION OF IMPROVING THE
EFFICIENCY OF HARVESTING CORN BY
IMPLEMENTING AGROLOGISTICS ELEMENTS

Summary. 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. The developed method-one to make it possible to build and graphics load units per day and the overall schedule for the entire period, which makes it possible to demonstrate the rate of change of production machines, downtime and failures. The developed algorithm allows us to introduce conditions for the calculations and provide additional data such as fuel consumption for each unit, labor costs, energy costs, the cost of funds for the execution of operations, which will allow her, temporarily make informed managers and engineering solutions for the use of the machine and tractor park management and facilitate the work of logistic department.

Key words: agrologistics, performance, algorithm, harvest efficiency, the machine system.