

УДК 631.171

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

**ЦИФРОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ:
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
УБОРКИ И ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ПЕРЕВОЗОК В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Постолова Дарья Сергеевна

Соискатель

SPIN-код: 6973-4503

ORCID: 0000-0003-3814-765X

Darina_ss@mail.ru

Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» в г. Зернограде (Ростовская область, Российская Федерация)

Новое время диктует новые подходы к оптимизации работы на селе. Ключевой вопрос сейчас - это эффективность использования оборудования и транспорта, качество убранных зерна, стоимость уборки и перевозки зерна. В сельском хозяйстве использование оптимального транспортного комплекса уже давно не может оставить никого равнодушным, а с увеличением стоимости расходных материалов, стало задачей номер один. Оптимальная схема уборочных работ – трёхзвенная. Однако, её применяют еще недостаточно широко. Передовой опыт замечен только у крупных хозяйств, которые могут позволить себе дорогие технологические машины. Для повышения эффективности уборочно-транспортных работ необходимы цифровые технологии управления уборкой и перевозкой урожая зерновых культур, с помощью которых можно повысить эффективность системы уборки согласованием работы комбайновых и транспортных звеньев. В результате изучения уборочно-транспортного процесса удалось выявить все факторы и параметры, характеризующие исследуемую систему уборочно-транспортных работ. Для характеристики соответствия производительностей комбайнов предложены коэффициенты синхронизации и рассогласования, формулы для их расчёта. Выявленные факторы и параметры были связаны в единую модель алгоритмом, который был реализован в виде программного кода. Получен патент на программу для ЭМВ. Полученный результат позволяет реализовать цифровые методы управления механизированными технологиями

Ключевые слова: СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, СИСТЕМА, УБОРКА, ПЕРЕВОЗКА, УРОЖАЙ, ЗЕРНО, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-209-032>

<http://ej.kubagro.ru/2025/05/pdf/32.pdf>

UDC 631.171

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

**DIGITAL REVOLUTION: IMPROVEMENT
OF HARVESTING TECHNOLOGY AND
INTRA-FARM TRANSPORTATION IN
AGRICULTURE**

Postolova Darya Sergeevna

Applicant for degree

SPIN-CODE:6973-4503

ORCID: 0000-0003-3814-765X

Darina_ss@mail.ru

Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd, Zernograd, Russian Federation

Modern times dictate new approaches to optimizing rural work. The key issue now is the efficiency of using equipment and transport, the quality of harvested grain, and the cost of harvesting and transporting grain. In agriculture, the use of an optimal transport system has long been impossible to leave anyone indifferent, and with the increase in the cost of consumables, it has become the number one task. Several cleaning schemes have been developed. The last of the three-link schemes is considered effective, but its use is still not widespread enough in Russia. Best practices are noticeable only in large farms that can afford expensive technological machines. To increase the efficiency of their application, digital technologies for managing the harvesting and transportation of grain crops are needed, which can be used to increase the efficiency of the harvesting system by coordinating the work of combine harvesters and transport links. As a result of studying the harvesting and transport process, it was possible to identify all the factors and parameters characterizing the system of harvesting and transport operations under study. Synchronization and alignment coefficients and formulas for their calculation are proposed to characterize the compliance of combine harvesters. The identified factors and parameters were linked into a single model by an algorithm that was implemented as a program code. A patent has been obtained for an EMV program. The result obtained makes it possible to implement digital management methods for mechanized technologies.

Keywords: AGRICULTURE, SYSTEM, HARVESTING, TRANSPORTATION, CROP, GRAIN, MATHEMATIC MODEL

Введение. Современное сельское хозяйство сталкивается с рядом проблем, таких как неэффективное использование оборудования и транспорта, низкая производительность и качество убранных урожаев, а также высокая стоимость расходных материалов. Сегодня эффективное использование оборудования и транспорта является одним из главных вопросов, которые стоят перед производителями зерна и других продуктов сельского хозяйства [1].

Проблемой является простота зерноуборочной техники и из-за этого затягивание сроков уборки [2]. Рассмотрели проблему в использовании зерноуборочной техники и транспорта в сельском хозяйстве и предположили, что её можно решить согласованием работы комбайновых и транспортных звеньев посредством оцифровки этого процесса.

Цель исследований: разработка алгоритмы согласования работы комбайновых и транспортных звеньев на уборке и разработка соответствующей программы для ЭВМ. Исследование предполагало решение следующих задач: уточнение проблем уборочно-транспортного процесса на базе полевых экспериментов с уборочно-транспортными комплексами; обработка результатов полевых опытов и выявление алгоритма действий по оптимизации состава уборочно-транспортной техники; разработка программы для ЭВМ.

Объект исследования. В качестве объекта исследований были выбраны, на основе статистического и инженерного анализа применяемых технологий, передовые сельскохозяйственные предприятия (СХП), состав уборочной техники в этих хозяйствах - современный и эффективный. В отобранные хозяйства вошла репрезентативная выборка, отражающая состояние дел в данном уборочно-транспортном процессе. Отобранные хозяйства имеют урожайность зерновых культур от 30 до 70 ц/га, характеризуются наличием современных комбайнов TORUM 750, Torum 785, John Deere S760, CLAAS TUCANO 580, Case IH, ACROS 580 (табл. 1).

Сельскохозяйственные предприятия были закодированы для большей объективности результатов полевых исследований. В первой колонке указаны коды предприятия, в остальных (2...5) – состав уборочной техники.

Таблица 1 – Характеристика объекта исследований: уборочно-транспортные комплексы сельскохозяйственных предприятий юго-восточной зоны Ростовской области

№	комбайны		Транспортные средства	
	марка	количество	марка	количество
1	2	3	4	5
1	Acros 580	1	КаМАЗ 53501	1
			ГАЗ-53Б	1
	Дон 1500 А	1	КаМАЗ 65117-62 + СЗАП-8357-02	1
2	Нива-Эффект	2	КаМАЗ 63190А + СЗАП 83053	1
3	Claas Lexion	3	КаМАЗ 5320	1
			МАЗ-5550	1
4	Дон 1500 А	1	КаМАЗ - сельхозник	3
	Полесье	1	КаМАЗ - сельхозник	1
5	Case IH	2	КаМАЗ 45143	1
	Дон 1500 Б	1	КаМАЗ 45143	1
6	John Deere S760	2	КаМАЗ 45143	2
	Torum 785	3	КаМАЗ 45143,	2
			ГАЗ-3307	1
7	Дон 1500 Б	5	ГАЗ-53	3
8	ACROS 580	8	КаМАЗ 45143	4
9	Дон 1500 А	2	КаМАЗ 45143	1
	Дон 1500 Б	1	Трактор JD с перегрузчиком	1
10	Torum 785	4	КаМАЗ 45143	4
11	GS12	6	КамаЗ 65115 с прицепом	6
			Трактор JD с перегрузчиком	1
12	TORUM 750	2	КамаЗ 45143	3
13	TORUM 750	1	КамаЗ 45143	2
	John Deere S760	1	КамаЗ 45143	1
14	CLAAS TUCANO 580	12	КамаЗ 65115 + прицеп ГКБ-8350	1
	GS12	1	КамаЗ 65115 + прицеп ГКБ-8350	1

Материалы и методы исследования. Для изучения проблемы использования оборудования и транспорта в сельском хозяйстве был проведён анализ существующих источников, включая научные статьи, публикации в специализированных журналах и Интернет-ресурсы. Также были проведены собственные исследования на основе опроса

руководителей сельхозпредприятий и фермерских хозяйств. Был выполнен хронометраж уборки зерновых транспортным комплексом с видео и фото фиксацией, заполнением стандартных листов наблюдения. Применили наблюдательные листы, используемые на машинно-испытательных станциях.

Теория вопроса. Оптимальный уборочно-транспортный процесс (УТЗП) позволяет быстро убирать и эффективно доставлять урожай на пункты первичной подработки зерна (ПППЗ) [3]. Использование цифровых инструментов для оптимизации производства и управления предполагает, по западному опыту, цифровизацию в сельском хозяйстве [4]. Уставлено следующее: не только новые технологии и современное оборудование [5], но и цифровые технологии позволяют повысить эффективность работы и сократить расходы на производство. Данный факт является значимым для эффективного использования задействованных на УТЗП ресурсов и средств [6].

Касаемо организации УТЗП: заметный результат приносит трёхзвенная схема, которая считается наиболее эффективной, но она недостаточно распространена на юге России. Передовой опыт в этой области заметен у крупных хозяйств, которые могут позволить себе дорогие технологические машины и внедряют инновации и современные технологии передачи данных. Следовательно, внедрение современных технологий и оптимального транспортного комплекса является важным условием для повышения эффективности и экономической выгоды в сельском хозяйстве [7].

Обзор теории показал, что для выбора оптимального и эффективного способа перевозки зерна можно использовать следующие методы [6, 8].

1. Методы оптимизации маршрутов позволяют определить оптимальный маршрут для перевозки зерна с учётом различных факторов,

таких как расстояние, состояние дорожной инфраструктуры, погодные условия и т.д.

2. Методы линейного программирования. Эти методы позволяют определить оптимальное распределение ресурсов (например, транспортных средств) для выполнения задачи перевозки зерна.

3. Методы имитационного моделирования позволяют создавать компьютерные модели, которые имитируют реальные процессы перевозки зерна. Могут быть использованы для определения наиболее эффективных стратегий управления и принятия решений в различных сценариях.

Первый метод решает одну из задач уборки. Он реализован в навигаторе. Второй метод – детерминированный, годится для оптимального распределения ресурсов региона. Остановились на третьем методе: он позволяет учесть все факторы и параметры уборки и перевозки урожая.

Результаты и обсуждения. Состав уборочно-транспортных комплексов (УТК) сельскохозяйственных предприятий (СХП) достаточно разнообразен (см. табл. 1). Он складывался в СХП случайным образом десятилетиями, в результате неоднозначных реформ [9]. В зависимости от финансовых возможностей СХП приобретали то, что было возможным, на что был лизинг или льготный кредит. Часть техники была восстановлена из старого парка ремонтами. В результате на поля выходит уборочная техника, собранная не целенаправленно, а из того, что есть. Сравнивая суммарные объёмы бункеров зерноуборочных комбайнов и кузовов приданных им транспортных средств (ТС), понимаем, в большинстве случаев в кузов нельзя загрузить кратное число бункеров, поэтому ТС уезжает на пункт первичного накопления зерна (ППНЗ) либо с недогрузом, либо с перегрузом. Например, объём вместимость бункера ACROS 580 – 9 м³, кузова ГАЗ-53 составляет 7 м³, а КАМАЗ-65117 с увеличенными бортами – 30 м³. В случае использования ГАЗ-53 нарушаются технические

регламенты (перегруз), во втором - падает коэффициент загрузки и производительность. Отсюда вытекает первая проблема согласованности средств, участвующих в процессе, по объёмам кузовов и бункеров. Далее: производительность комбайнов и автомашин не согласована. Явно видно недостаток транспортных средств в СХП за номерами 5, 3, 9, 14. Производительность уборочной техники в данных хозяйствах значительно выше производительности транспортных звеньев. Это приводит к существенным простоям дорогостоящей зерноуборочной техники. К сведению: цена зерноуборочного комбайна John Deere S760 – 33 млн. руб., а Togum 785 – 24 млн. руб. Подержанный зерновоз можно приобрести за 2-5 млн. руб. Проблема в использовании уборочно-транспортных средств в Ростовской области – разномарочность комбайнов и транспортных средств. Несоответствие объёмов кузовов и бункеров, несогласованность по производительности комбайновых и транспортных средств можно устранить, оптимизировав состав уборочно-транспортного комплекса сначала по компьютерной программе, а затем и в реальности. Избыточную технику можно отдать на время в аренду, а недостающую – арендовать, основываясь на расчётах.

В рамках исследования были выявлены основные проблемы, связанные с использованием оборудования и транспорта в сельском хозяйстве, а именно: неэффективное использование техники, низкая производительность и качество убранного урожая, а также высокая стоимость расходных материалов. Эти данные подтверждаются зарубежным опытом [10]. Были проанализированы причины данных проблем и возможные решения. Для решения проблемы неэффективного использования техники было предложено ввести коэффициент технологического использования (*K_{ти}*), который показывает, насколько по шкале от 0 до 1 используется техника. Где 0 – не используется, а 1 – используется на полную мощность.

В результате хронометражных наблюдений были выявлены все параметры, которые характеризуют использование зерноуборочной техники. В первой колонке приведены условные обозначения, а во второй – название параметра или характеристики (табл.2). Все перечисленные параметры тем или иным образом влияют на эффективность данного технологического процесса: снижают или повышают: производительность комбайнов W_{sm} и транспортных средств W_{tsl} , продолжительность уборки D , экономическую эффективность и себестоимость перевозок и комбайнирования, синхронность процесса, технологические k_{texn} , технические k_{ti} , организационные k_o простои и др.

Таблица 2 – Условные обозначения факторов и параметров УТЗП

Обозначение	Название фактора или параметра	Обозначение	Название фактора или параметра
МК	марка комбайна	Vpg	средняя скорость движения по полю с грузом, км/ч;
ТС	марка транспортного средства	ksm	коэффициент сменности;
U	урожайность, т/га;	Tr	продолжительность рейса в часах;
Ks	коэффициент соломистости	Lg	длина гона в среднем в км;
ksm	коэффициент сменности;	Vpx	скорость ТС по полю без груза, км/ч;
B	ширина захвата жатки, м;	Ltok	плечо перевозок, км;
Sz	уборочная площадь, Га;	h	число рейсов за смену
Ltok	величина плеча перевозок от края поля до ПППЗ, км;	Vdx	средняя скорость движения по дороге без груза, км/ч;
Gpk	грузоподъемность транспортного средства (ТС), т;	Vdg	средняя скорость движения по дороге с грузом, км/ч;
kgp	коэффициент использования грузоподъемности;	Wtsl	производительность транспортного средства за смену, т/см;
Tsm	продолжительность смены в час;	Ssm	убранная за смену площадь зернового массива, Га/см
Dz	плановое число дней уборки;	Wsm	производительность комбайна, Га/см;
ksm	коэффициент использования времени смены;	Qsm	намолот за смену всеми комбайнами, т/см;
ko	коэффициент простоя по организационным причинам;	mp	требуемое количество ТС;
kti	коэффициент технического использования комбайнов с учётом ТО и ремонтов;	kns	коэффициент несогласованности намолота комбайнов и объёма перевозок зерна ТС

$k_{техн}$	коэффициент технологического использования с учётом выгрузки и маневрирования);	$Q_{дн}$	среднедневной намолот всех комбайнов с учётом непогоды и несогласованности, т;
$V_{г}$	рабочая скорость комбайна, км/ч;	$k_{синх}$	коэффициент синхронизации производительностей комбайнов и ТС;
$q_{м}$	производительность молотильного барабана для РСМ = 10, для АКРОС = 7 и др., кг/с;	$K_{м}$	коэффициент метеоусловий (учёт неблагоприятной для уборки погоды):
B	ширина захвата жатки в м;	S_z	уборочная площадь в Га;
U	урожайность в т/га;	n_p	требуемое количество комбайнов;
W_h	часовая производительность комбайна, га/ч;	$S_{дн}$	среднедневная уборочная площадь с учётом непогоды и $k_{нс}$, Га;
$W_{см}$	сменная производительность одного комбайна, га/ч;	D	продолжительность уборки с учётом погоды и $k_{нс}$, дни;
$T_{см}$	продолжительность смены $T_{см}=10$ час;	n_p	количество комбайнов расчётное;

Все перечисленные параметры тем или иным образом влияют на эффективность данного технологического процесса: снижают или повышают: производительность комбайнов $W_{см}$ и транспортных средств $W_{тс}$, продолжительность уборки D , экономическую эффективность и себестоимость перевозок и комбайнирования, синхронность процесса, технологические $k_{техн}$, технические $k_{тi}$, организационные k_o простои и др.

Для характеристики синхронности работы комбайнов и транспортных средств предложили использовать $k_{синх}$ коэффициент синхронизации производительностей комбайнов и ТС. Были проанализированы опытные данные, которые показали, что использование данного коэффициента действительно могло бы улучшить эффективность работы техники. Допустим, к примеру, одно поле убирает несколько комбайнов. На примере 8-ого хозяйства посчитаем по известной формуле коэффициент технического использования

$$K_{техн} = (T_{оп} - T_{разгр}) / T_{оп} \quad (1)$$

где $K_{техн}$ - коэффициент технического использования;

$T_{оп}$ - операционное время работы комбайна;

$T_{разгр}$ – суммарная продолжительность разгрузок за время операционной работы.

Согласно листу хронометража посчитаем время работы, количество наполненных бункеров, время под разгрузкой (табл. 3). Комбайн работал, набил 4 бункера, был под разгрузкой 0,18 часа, тогда

$$K_{техн} = \frac{3 - 0,18}{3} = 0,94$$

Далее посмотрим на количество транспортных средств, подобранных для уборочно-транспортного комплекса. В данном случае используют КамАЗ – 45143 с производительностью 11,7 т. Комплекс за 3 часа намолачивает 216 т, а отвозит 184,8 т

Таблица 3 - Пример обработки результатов хронометражных наблюдений

Операции Время	Намолот в бункер ACROS 580 24ц/га 6й	Выгрузка из бункера
Начало	9-03	9-50
Окончание	9-49	9-53
Начало	9-54	10-35
Окончание	10-34	10-38
Начало	10-40	11-02
Окончание	11-00	11-05
Начало	11-06	11-52
Окончание	11-50	11-54
Начало	ОБЕД	
Окончание		

Производительность компонентов данной уборочной системы можно выразить коэффициентом, который назвали коэффициент несогласованности, по формуле

$$K_{НС} = (W_t - W_k) / W_t \tag{2}$$

где W_k - производительность комбайновых звеньев (184,8);

W_t - согласованность транспортных звеньев ($W_t=216$).

Коэффициент согласованности будет обратным коэффициенту рассогласованности

$$K_s = 1 - K_{НС}, \quad (3)$$

Получим

$$K_{НС} = \frac{(216 - 184,8)}{184,8} = 0,16$$

$$K_s = 1 - 0,16 = 0,83$$

Коэффициент говорит о хорошей согласованности, однако при подборе уборочно-транспортных единиц не из пропорции 1 к 2, 1 к 3. Однако в этом случае не учитывается кратность объёмов бункера и кузова. Например, если объём бункера 9 м³, а кузова ТС – 16 м³, два бункера не загрузить, а одного мало, кузов будет заполнен наполовину. Исходя из фактического объёма бункера к кратности объёма кузова грузового автомобиля, получаем в результате приводит к полную десинхронизации функционирования. В условиях современной цифровой экономики, задачи совершенствования технологии уборки и внутрихозяйственных перевозок урожая зерновых культур решается с помощью компьютерного моделирования и математических методов моделирования, чтобы оптимизировать внутрихозяйственные перевозки урожая как сложной системы. Для реализации заявленного подхода нами был разработан алгоритм моделирования уборочно-транспортного процесса, который связывает все приведённые в таблице 2 факторы и параметры в единую расчётную модель. Алгоритм имеет следующие блоки: формирования информационного обеспечения, управления, расчётный блок, блок оптимизации и формирования выходных параметров. (рис. 1).

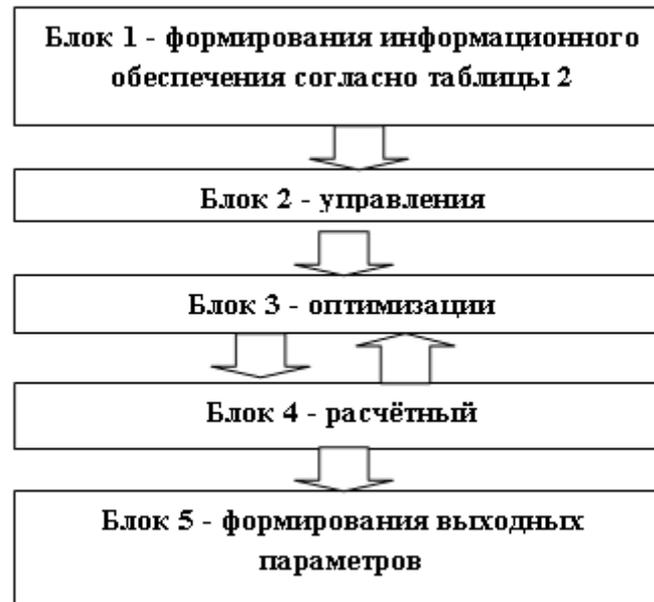


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма моделирования уборочно-транспортного процесса

Блок 1 формирует конструктивные показатели системы. Блок 2 осуществляет цифровое управление процессом, для чего он содержит управляющие параметры, задаваемые оператором: агрономом или инженером сельскохозяйственного предприятия, ответственного за управление уборочно-транспортным процессом. Блок 3 оптимизации связан с расчётным блоком 4, собственно в этих блоках (3, 4) выполняется моделирование. Блок 5 формирует цифровой образ выходных параметров процесса.

Перевели расчёты, связанные с созданием цифрового образа уборки зерновых, на цифровой язык, в результате разработали программу для ЭВМ, на которое получили свидетельство установленного образца [11]. Исходный код [11] включает ввод в устройство марки комбайна, транспортного средства, производительность молотилки, ширину захвата жатки из паспорта технического средства, а также урожайность, коэффициент соломистости, коэффициент сменности, уборочную площадь и расстояние от поля до пункта выгрузки зерна, которые уже известны

после уборки урожая. Таким образом, проводится подсчёт эффективности данного комплекса. Программа включает форму ввода данных, внутреннюю расчётную часть и форму вывода полученных результатов. В итоге получена цифровая модель, которая описывается процессами в виде формул и блоков к ним. Ввод данных в видимые пользователем в гаджете ячейки, позволяет скрыть сложный научный процесс получения эффективности, основанный на аксиомах и гипотезах, которые в процессе изучения подкрепляются реальными результатами. Применению цифровых устройств, реализующих программу, упрощает управление данным сложным механизированным сельскохозяйственным процессом и уменьшает влияние человеческого фактора до минимальных значений. Данная программа может быть установлена, к примеру, на планшетный компьютер лица, принимающего решения (ЛПР) по уборочно-транспортному процессу. Наша программа позволяет рассчитать взаимодействие различных технических средств между собой, тем самым обеспечивает оптимальный подбор технических средств по производительности, вместимости, что способствует эффективному использованию уборочно-транспортного комплекса и экономить на отсутствии простоев и ожиданий под погрузочно-разгрузочные операции во время уборки зерновых культур. Вводятся следующие исходные данные: MC марка комбайна, $ТС$ марка транспортного средства, W_h часовая производительность комбайна, W_{sm} сменная производительность всех комбайнов за смену, n расчётное число комбайнов, D продолжительность уборочных работ, T_r время в рейсе, W_{pl} производительность одного ТС за смену, m расчётное число ТС, W_{ts} производительность всех ТС за смену, T_{ns} коэффициент несогласованности (см. табл. 2). На дисплей выводятся данные о составе комбайновых и транспортных звеньев, рациональное соотношение компонентов системы уборки и перевозки урожая зерновых культур, а также показатели данного процесса.

Выводы.

Парк уборочно-транспортной техники в сельскохозяйственных предприятиях южной степной зоны достаточно нерациональный по составу, потому что является продуктом неоднозначных ситуаций последних десятилетий в сельском хозяйстве. Проблемой является разномарочность. Она приводит к тому, что вместимости бункеров комбайнов и кузовов транспортных средств, используемых в сельскохозяйственных предприятиях, не кратны друг другу. Полевые исследования показали, что соотношением компонентов системы уборки и перевозки урожая зерновых культур в реальных условиях не является рациональным, что приводит к простоям из-за разных производительностей комбайновых и транспортных звеньев. Для характеристики соответствия производительностей комбайнов предложены коэффициенты синхронизации и рассогласования, формулы для их расчёта. В результате изучения уборочно-транспортного процесса удалось выявить все факторы и параметры, характеризующие исследуемую систему уборочно-транспортных работ. Выявленные факторы и параметры были связаны в единую модель алгоритмом, который был реализован в виде программного кода. Получен патент на программу для ЭМВ. Программа позволяет осуществлять цифровое управление рациональным соотношением компонентов системы уборки и перевозки урожая зерновых культур. Использование методов математического моделирования позволяют определить оптимальные составы уборочно-транспортного комплекса с учётом типов, производительности, плеча перевозок зерна и др.

Литература

1. Problems and prospects for innovation in Kazakhstan agro-industrial complex / A. Tulemetova, I. Polezhayeva, I. Shevchenko, M. Jaworska // *Industrial Technology and Engineering*. – 2019. – No. 4(33). – P. 31-39.
2. Постолова Д.С., Курочкин В.Н. Факторы актуальности вопроса совершенствования системы уборки и транспортирования урожая зерновых культур // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2024. № 197. С. 160-169.
3. Липкович, Э. И. и др. Уборочно-транспортный и заготовительный процесс в РАПО: основы организации и математическое моделирование // Липкович Э.И., Курочкин В.Н., Сергеева Л.М., Штейн В.Л., Тимофеев Ю.А. - Методические рекомендации / Москва, 1986.
4. Gulyamov, S. Digitalization of agriculture in the Republic of Uzbekistan / S. Gulyamov, M. A. Saidov, M. Rasulova // *Theoretical & Applied Science*. – 2020. – No. 6(86). – P. 742-747. – DOI 10.15863/TAS.2020.06.86.139.
5. Курочкин, В.Н. Генезис организации уборочно-транспортного процесса // *International Agricultural Journal*. 2024. Т. 67. № 4.
6. Курочкин, В.Н. Уборочно-транспортный процесс: цифровизация и генезис математического моделирования // *International Agricultural Journal*. 2024. Т. 67. № 6.
7. Фомина, Н.В. Основы ресурсосберегающих технологий хранения и переработки зерна: метод. указания для самостоятельной работы. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2010. – 60 с.
8. Постолова, Д.С., Курочкин, В.Н. / Математическое моделирование сельскохозяйственной технологической системы машиноиспользования в отрасли растениеводства: аксиоматика, обобщенная модель // *Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ*. 2024. № 198. С. 255-264.
9. Merl, S. Agricultural reforms in Russia from 1856 to the present: Successes and failures in the international comparative perspective// *Russian Peasant Studies*. – 2020. – Vol. 5, No. 2. – P. 56-87. – DOI 10.22394/2500-1809-2020-5-2-56-87.
10. Thien, N. T. Impacts of the Industrial revolution 4.0 on the development of agriculture in the Mekong Delta, Vietnam today // N. T. Thien // *Социосфера*. – 2020. – No. 3. – P. 22-29. – EDN QOUUYQ.
11. Постолова, Д.С., Курочкин, В.Н. Управление рациональным соотношением компонентов системы уборки и перевозки урожая зерновых культур: свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. № 2024685067. Российская Федерация // Зарегистрировано в реестре программ ЭВМ 23.10.2024 года.

References

1. Problems and prospects for innovation in Kazakhstan agro-industrial complex / A. Tulemetova, I. Polezhayeva, I. Shevchenko, M. Jaworska // *Industrial Technology and Engineering*. – 2019. – No. 4(33). – P. 31-39.
2. Postolova D.S., Kurochkin V.N. Faktory aktual'nosti voprosa sovershenstvovaniya sistemy uborki i transportirovaniya urozhaja zernovyh kul'tur // *Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024. № 197. S. 160-169.
3. Lipkovich, Je. I. i dr. Uborochno-transportnyj i zagotovitel'nyj process v RAPO: osnovy organizacii i matematicheskoe modelirovanie // Lipkovich Je.I., Kurochkin V.N., Sergeeva L.M., Shtejn V.L., Timofeev Ju.A. - Metodicheskie rekomendacii / Moskva, 1986.

4. Gulyamov, S. Digitalization of agriculture in the Republic of Uzbekistan / S. Gulyamov, M. A. Saidov, M. Rasulova // Theoretical & Applied Science. – 2020. – No. 6(86). – P. 742-747. – DOI 10.15863/TAS.2020.06.86.139.
5. Kurochkin, V.N. Genezis organizacii uborochno-transportnogo processa // International Agricultural Journal. 2024. T. 67. № 4.
6. Kurochkin, V.N. Uborochno-transportnyj process: cifrovizacija i genezis matematicheskogo modelirovanija // International Agricultural Journal. 2024. T. 67. № 6.
7. Fomina, N.V. Osnovy resursosberegajushhijh tehnologij hranenija i pererabotki zerna: metod. ukazanija dlja samostojatel'noj raboty. – Krasnojarsk: Krasnojarskij GAU, 2010. – 60 s.
8. Postolova, D.S., Kurochkin, V.N. / Matematicheskoe modelirovanie sel'skohozjajstvennoj tehnologicheskoj sistemy mashinoispol'zovanija v otrasli rastenievodstva: aksiomatika, obobshhennaja model' // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal KubGAU. 2024. № 198. S. 255-264.
9. Merl, S. Agricultural reforms in Russia from 1856 to the present: Successes and failures in the international comparative perspective// Russian Peasant Studies. – 2020. – Vol. 5, No. 2. – P. 56-87. – DOI 10.22394/2500-1809-2020-5-2-56-87.
10. Thien, N. T. Impacts of the Industrial revolution 4.0 on the development of agriculture in the Mekong Delta, Vietnam today // N. T. Thien // Sociosfera. – 2020. – No. 3. – P. 22-29. – EDN QOUUYQ.
11. Postolova, D.S., Kurochkin, V.N. Upravlenie racional'nym sootnoshenijem komponentov sistemy uborki i perevozki urozhaja zernovyh kul'tur: svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy dlja JeVM. № 2024685067. Rossijskaja Federacija // Zaregistrirvano v reestre programm JeVM 23.10.2024 goda.