

УДК 631.3: 633.11

UDC 631.3: 633.11

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
МАШИН С УЧЕТОМ АГРОКЛИМАТИЧЕ-
СКИХ УСЛОВИЙ КРАНОДАРСКОГО КРАЯ**

**JUSTIFICATION OF A TECHNOLOGICAL VE-
HICLE COMPLEX STRUCTURE BASED ON
THE AGRO-CLIMATIC CONDITIONS IN THE
KRASNODAR REGION**

Чеботарев Михаил Иванович
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код=9399-4280

Chebotarev Mikhail Ivanovich
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN-code=9399-4280

Шапиро Евгений Александрович
к.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код=5975-4917

Shapiro Evgeniy Aleksandrovich
Candidate of Technical Sciences, Docent
RSCI SPIN-code=5975-4917

Черноиванов Александр Геннадьевич
РИНЦ SPIN-код=4770-7503
*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграр-
ный университет», Краснодар, Россия*

Chernoivanov Alexander Gennadievich
RSCI SPIN-code=4770-7503
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье проведен анализ существующих подходов к обоснованию оптимального состава технологических комплексов. Обоснован новый метод повышения надежности и эффективности функционирования технологических комплексов уборки зерновых на основе применения теории массового обслуживания. Разработана инженерная методика для обоснования структуры технологического комплекса с учетом агроклиматических условий. При этом за основу взята методика, предложенная С.Д. Шепелёвым и Г.А. Окуневым. Для обоснования структуры технологического комплекса с учетом агроклиматических условий Краснодарского края разработана оптимизационная математическая модель, в качестве критериев которой приняты потери от простоев комбайнов и транспортных средств. На основе разработанной методики получены зависимости количества зерноуборочных комбайнов «Торум-740» от грузоподъемности транспортных средств и коэффициента их использования для Северной зоны Краснодарского края

In the article, we present existing approaches to the study of the optimal composition of technological systems. We have justified a new method of improving the reliability and the efficiency of technological systems of grain harvesting based on application of mass service theory. An engineering methodology for the substantiation of structure of the technological complex of agro-climatic conditions has been developed. In this case, the basis is the method proposed by S. D. Shepelev and G. A. Okuneva. To justify the structure of the technological complex of agro-climatic conditions of the Krasnodar region we have developed a mathematical optimization model, as criteria of which the losses from downtime of combine harvesters and transport vehicles have been taken. On the basis of the developed technique co-dependence on the number of combine harvesters «Torum-740» from the capacity of vehicles and coefficient for their use for the Northern zone of the Krasnodar region has been found

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС, СТРУКТУРА, КОМБАЙНЫ, НАДЕЖНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА

Keywords: TECHNOLOGICAL COMPLEX, STRUCTURE, HARVESTERS, RELIABILITY, PERFORMANCE, VEHICLES

Doi: 10.21515/1990-4665-128-084

Актуальность темы. Проблема повышения надежности и эффективности функционирования технологических комплексов машин, несомненно, является весьма актуальной для многих современных наук, изучающих техническую эксплуатацию, и в первую очередь для науки и учебной дис-

циплины «Эксплуатация МТП». Однако до сих пор она остается мало разработанной, а потому в значительной степени дискуссионной как в части общих принципов, так и особенно в части конкретных классификационных схем и определения места отдельных методов и даже их групп в общей системе научного знания.

Цель работы – повышение надежности и эффективности функционирования технологических комплексов уборки зерновых путем обоснования их структуры с учетом агроклиматических условий Краснодарского края.

Объект исследования – процесс функционирования технологических комплексов уборки зерновых в хозяйствах АПК Краснодарского края.

Предмет исследования – методы повышения надежности и эффективности использования технологических комплексов и звеньев путем обоснования рациональной структуры комплексов в хозяйствах АПК Краснодарского края.

Задачи исследования:

1. Провести анализ существующих подходов к обоснованию оптимального состава технологических комплексов.

2. Обосновать новый метод повышения надежности и эффективности функционирования технологических комплексов уборки зерновых на основе применения теории массового обслуживания (ТМО).

Для реализации цели исследования был проведен анализ научных и литературных источников по надежности машин и ресурсосбережению. Анализ опубликованных работ показывает, что значительную работу в этом направлении проделали ученые ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства» ВИМ, ГНУ «ГОСНИТИ» и других НИИ и учебных заведений сельского хозяйства [1,2,3].

Рассмотрим теперь вопрос обоснования оптимального состава машин в технологическом комплексе.

Апатенко С.С. в своей докторской диссертации и других работах разрабатывает математическую модель формирования оптимального состава технологического комплекса машин на мелиоративных работах. В качестве основного критерия эффективности использования комплекса машин им принят критерий – минимум затрат на эксплуатацию агрегатов с учетом потерь от простоя базовых и агрегатируемых машин по техническим причинам в расчете на один гектар выполненных работ.

В работах М.М. Константинова представлена целевая функция по обоснованию структуры зерноуборочного комплекса с учетом стоимости простоя машин и их вероятностного характера взаимодействия.

В научных статьях С.Д. Шепелёва и Г.А. Окунева исследуется влияние срока службы зерноуборочных комбайнов на структуру технологических линий (комплексов). Однако на структуру уборочного комплекса значительное влияние оказывает не только срок службы зерноуборочных комбайнов, но и агроклиматические условия.

Для условий Краснодарского края Научно-исследовательскими институтами установлено пять агроклиматических зон: Центральная, Северная, Западная, Южно-Предгорная и Анапо-Таманская.

В ходе диссертационного исследования нами разработана инженерная методика для обоснования структуры технологического комплекса с учетом агроклиматических условий [1,2]. При этом за основу взята методика, предложенная С.Д. Шепелёвым и Г.А. Окуневым.

Для обоснования структуры технологического комплекса с учетом агроклиматических условий Краснодарского края разработана оптимизационная математическая модель, в качестве критериев которой приняты потери от простоев комбайнов и транспортных средств [1]:

$$П = c_y K(y)t_k + c_m K(y) t_m \rightarrow \min, \quad (1)$$

где c_y , c_m – стоимость часа простоя комбайна и транспортного средства, руб.;

$K(y)$ – зависимость коэффициента использования времени смены зерноуборочного комбайна от агроклиматических условий Краснодарского края;

t_k , t_m – средняя продолжительность простоя комбайна и транспортного средства в течение смены, ч.

Стоимость простоя комбайна можно определить по выражению [1]:

$$C_k = \frac{Ц_k a_{np} \gamma_k}{T_{сез}} + З_k + 0,1 B_p V K(y) C_n V k_{пот}, \quad (2.)$$

где $Ц_k$ – балансовая цена комбайна, руб.;

a_{np} – амортизационные отчисления, дол/год;

γ_k – доля занятости комбайна на уборке зерновых культур;

$T_{сез}$ – время работы комбайна за сезон, ч;

$З_k$ – затраты на привлечение комбайнера, руб./ч;

B_p – ширина захвата жатки, м;

V – скорость зерноуборочного комбайна, км/ч;

C_n – стоимость продукции, руб./ц;

$У$ – урожайность пшеницы, ц/га;

$k_{пот}$ – коэффициент потерь, доля/ч.

Стоимость простоя автомобиля можно рассчитать по формуле [1]:

$$C_{авт} = \frac{Ц_a a_{np} \gamma_a}{T_{сез}} + C_в, \quad (3)$$

где $Ц_a$ – балансовая цена автомобиля, руб.;

a_{np} – амортизационные отчисления, дол/год;

γ_k - доля занятости автомобиля на уборке;

$T_{сез}$ – время работы автомобиля за сезон, ч;

C_B – тарифная ставка водителя, руб./ч.

Для определения продолжительности простоя в течение смены комбайна и транспортного средства использовалась теория массового обслуживания. Схема обслуживания зерноуборочных комбайнов транспортными средствами, разработанная с использованием этой теории, приведена на рисунке 1.

Интенсивность поступления заявок на обслуживание одного требования определяется по формуле [1]:

$$\lambda = \frac{n}{t_o}, \quad (4)$$

где $t_o = t_t + t_p$ - времени работы транспортного средства;

t_t – продолжительность движения транспортного средства от зерноуборочного комбайна и обратно, ч.

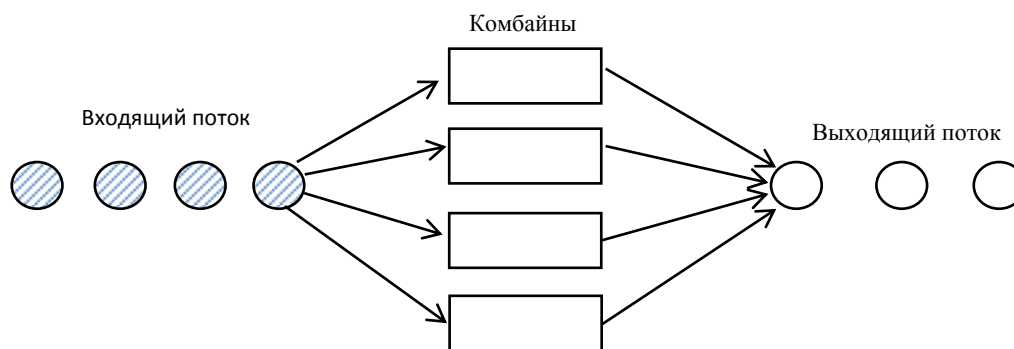


Рисунок 1 - Схема обслуживания комбайнов транспортными средствами

Это время движения транспортного средства определяется по формуле:

$$t_t = \frac{2L}{v_s \beta}; \quad (5)$$

где L – расстояние перевозки, км;

v_s – среднетехническая скорость, км/ч;

β – коэффициент скорости;

t_p – время разгрузки, ч.

Для расчета количества транспортных средств, закреплённых за зерноуборочным комбайном, используется зависимость [1]:

$$n = \frac{0,1BVY\tau(t)}{W_a}, \quad (6)$$

где n – количество транспортных средств, закреплённых за зерноуборочным комбайном:

W_a – производительность транспортного средства, т/ч.

Среднее число заявок, обслуживаемых зерноуборочным комбайном за время обращения транспортных средств, можно определить путем деления интенсивности поступления одного требования на обслуживание λ на интенсивность обслуживания требований μ

$$P(m) = \frac{\lambda}{\mu}$$

Для определения вероятности того, что все зерноуборочные комбайны свободны, получено выражение [1]:

$$B_s(m) = \frac{1}{\sum_{k=0}^m \frac{P^k}{K!} + \frac{P^m}{(m-1)!(m-P)}}, (k = 0, 1, \dots, m), \quad (7)$$

где m – вариация числа комбайнов.

Вероятность того, что все комбайны заняты, определяется зависимостью:

$$B_z(m) = \frac{P^m}{(m-1)!(m-P)} B_s(m). \quad (8)$$

Для расчета среднего количества свободных зерноуборочных комбайнов получена формула [1]:

$$N_s(m) = B_s(m) \sum_{k=0}^{m-1} \frac{P^k}{k!} (m-k). \quad (9)$$

Для определения времени простоя необходимо определить коэффициент использования зерноуборочных комбайнов:

$$\eta_k(m) = \frac{m - N_s(m)}{m}. \quad (10)$$

Для определения времени простоя транспортных средств определена длина очереди, ожидающей обслуживания [1]:

$$N_o(m) = \frac{\frac{P^{m+1}}{m m! (1 - \frac{P}{m})^2}}{\sum_{k=0}^m \frac{P^k}{k!} + \frac{P^{m+1}}{m!(m-P)}}. \quad (11)$$

На основе разработанной методики были получены зависимости количества зерноуборочных комбайнов «Горум-740» от грузоподъемности транспортных средств и коэффициента их использования для Северной зоны Краснодарского края.

На основе математической модели (1) в диссертационной работе обоснована структура уборочного комплекса с учетом агроклиматических условий Краснодарского края (таблица 1). Исследования по оптимизации структуры основного уборочного звена производились для технологических показателей: $V_b = 6 \text{ м}^3$; $L = 6 \text{ км}$; $c_{п} = 7000 \text{ руб./т}$; $v = 7 \text{ км/ч}$, а также для показателей надежности функционирования зерноуборочного ком-

плекса в двух различных подсистемах (ПС) обслуживания, как результат мониторинга работы зерноуборочных комбайнов.

Зависимости получены для агрохозяйств АПК Краснодарского края, имеющих агротехнический срок проведения уборки зерновых – 14 дн.

Таблица 1 – Количество комбайнов в основном уборочном звене при различной грузоподъемности и урожайности культур

Грузо- подъемность, т	Урожайность, ц/га			
	40	45	50	60
6	4	3	2	1
8	5	4	3	2
12	6	5	4	3
16	7	6	5	4

Например, для условий Северной агроклиматической зоны Краснодарского края, с увеличением грузоподъемности транспортных средств с 6 до 16 т количество зерноуборочных комбайнов в основном уборочном звене увеличивается с 4 до 7 единиц, при урожайности зерновых культур, равной 40 ц/га.

Таким образом, количество комбайнов в основном уборочном звене устанавливают для каждой агроклиматической зоны Краснодарского края с учетом грузоподъемности транспортных средств и урожайности культур.

Заключение. Для обоснования структуры технологического комплекса уборки зерновых с учетом агроклиматических условий Краснодарского края можно использовать инженерную методику, разработанную на основе теории массового обслуживания (ТМО).

Список литературы

1 Черноиванов А.Г. Износ, списание и утилизация с.-х техники: опыт комплексного исследования / А.Г. Черноиванов, Е.А. Шапиро// Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного

университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс] // – Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 86(02). С. 230-252.–IDA[articleID]: 1071503079.- Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/17.pdf>.

2 Черноиванов А.Г. Анализ организации и технологии утилизации с.-х техники и пути повышения ее эффективности /А.Г.Черноиванов, Е.А. Шапиро// Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс] // Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 86(02)-С. 392-415.–IDA[articleID]: 1071503079.- Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/17.pdf>.

3 Тарасенко Б.Ф. Физические основы инновационной технологии обработки машин и механизмов ремонтно-восстановительными составами (РВС) / Б.Ф. Тарасенко, Е.А. Шапиро // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс] // Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 86(02). С 1-24.–IDA[articleID]: 1071503079.- Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/17.pdf>.

References

1 Chernoiwanov A.G. Iznos, spisanie i utilizacija s.-h tehnik: opyt kompleksnogo issledovaniya / A.G. Chernoiwanov, E.A. Shapiro// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs] // – Krasnodar: KubGAU, 2013. – № 86(02). S. 230-252.–IDA[articleID]: 1071503079. Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/17.pdf>.

2 Chernoiwanov A.G. Analiz organizacii i tehnologii utilizacii s.-h tehnik i puti povysheniya ee jeffektivnosti /A.G.Chernoiwanov, E.A. Shapiro// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs] // Krasnodar: KubGAU, 2013. – № 86(02)-S. 392-415.–IDA[articleID]: 1071503079. Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/17.pdf>.

3 Tarasenko B.F. Fizicheskie osnovy innovacionnoj tehnologii obrabotki mashin i mehanizmov remontno-vosstanovitel'nymi sostavami (RVS) / B.F. Tarasenko, E.A. Shapiro // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs] // Krasnodar: KubGAU, 2013. – № 86(02). S 1-24.–IDA[articleID]: 1071503079. Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/17.pdf>.