

УДК 631.363.636

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОМ ОТРЯДЕ ПРИ ЗАГОТОВКЕ КОРМОВ

Непарко Т.А., канд. техн. наук, доцент  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Постановка проблемы.** В производственном процессе заготовки силоса и сенажа наиболее напряженным звеном является перевозка измельченного растительного сырья от кормоуборочных комбайнов к местам закладки на хранение. В настоящее время многие сельскохозяйственные предприятия республики при заготовке кормов используют высокопроизводительные комбайны импортного производства «Ягуар 850», пропускная способность которых достигает 45-55 кг/с. Загрузить комбайн при такой высокой производительности и ограниченном количестве транспорта на предприятиях довольно сложно, а его простой приносит большие материально-денежные затраты. Исследования проводились на основе анализа производственной деятельности ОАО «1-ая Минская птицефабрика» и наличия необходимой сельскохозяйственной техники для транспортировки силосной массы. Полевые работы выполняли поточным способом укрупненными специализированными подразделениями на основе эффективного технического и транспортного обслуживания уборочных агрегатов, что повышает производительность труда, улучшает использование техники и, что особенно важно, сокращает сроки, уменьшая тем самым потери выращенного урожая.

Эффективность работы всего уборочно-транспортного отряда в значительной степени зависит от организации транспортного обслуживания, причем определение рационального количества транспортных средств представляет некоторую трудность.

Обусловлено это тем, что в реальных условиях момент наполнения прицепа транспортного средства силосной массой и момент прибытия другого транспорта на поле из рейса не совпадают, так как продолжительность рейса зависит от скорости движения, времени взвешивания и разгрузки транспортного средства, удаленности места работы комбайна в каждом конкретном случае от магистральных дорог и т.п. На время наполнения прицепа транспортного средства силосной массой оказывают влияние рельеф, урожайность, влажность убираемой культуры в течение суток и т. п., что неизбежно приводит к простоям комбайнов и транспортных средств.

**Основные материалы исследования.** Максимальная производительность кормоуборочного комбайна за час сменного времени  $W_{\text{ч}}$  (га/ч) в зависимости от номинальной пропускной способности рабочих органов  $q_{\text{н}}$  (кг/с) и урожайности зеленой массы  $H$  (т/га) равна [1, 2]

$$W_{\text{ч}} = \frac{3,6q_{\text{н}}}{H}.$$

Вместе с тем производительность комбайна  $W_{\text{ч}}$  (га/ч) равна

$$W_{\text{ч}} = 0,1b_p v_p \tau,$$

где  $b_p$  – рабочая ширина захвата жатки комбайна, м;  $v_p$  – рабочая скорость движения комбайна, км/ч;  $\tau$  – коэффициент использования времени смены.

Тогда рабочая скорость движения комбайна  $v_p$  (км/ч)

$$v_p = \frac{W_{\text{ч}}}{0,1b_p \tau}.$$

Экономически целесообразно такое соотношение количества комбайнов и обслуживающих транспортных средств, при котором достигается минимум целевой функции [3]

$$S = C_{\text{II}} \lambda t_{\text{ож}} + C_{\text{а}} n \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $C_{\text{II}}$  – ущерб за один час простоя комбайна в ожидании обслуживания, у.е./ч;  $\lambda$  – среднее количество заявок на обслуживание в 1 час;  $t_{\text{ож}}$  – среднее время ожидания каждой заявки, ч;  $C_{\text{а}}$  – часовые затраты на содержание одного транспортного средства (сумма прокатной оценки, отчисления на реновацию и заработную плату механизатору), у.е./ч;  $n$  – количество транспортных средств в уборочно-транспортном отряде, шт.

Ориентировочно, можно считать, что ущерб  $C_{\text{II}}$  (у.е./ч) за один час простоя кормоуборочного комбайна составит не менее

$$C_{\text{II}} = W_{\text{ч}} C_{\text{б}},$$

где  $C_{\text{б}}$  – себестоимость 1 т зеленой массы кукурузы, у.е.

Количество транспортных средств для обслуживания комбайна без учета вероятностного характера взаимодействия системы «комбайн—транспортные средства»

$$n = \frac{mT_p}{t_{\text{погр}}},$$

где  $m$  – количество комбайнов, одновременно работающих на поле, шт.;  $T_p$  – продолжительность одного рейса транспортного средства, мин.;  $t_{\text{погр}}$  – время наполнения прицепа транспортного средства силосной массой, мин.

Время  $t_{\text{погр}}$  (ч) наполнения транспортного агрегата силосной массой

$$t_{\text{погр}} = \frac{10^4}{3600} \cdot \frac{Q}{Hb_p v_p \varphi},$$

где  $Q$  – грузоподъемность транспортного средства, т;  $\varphi$  – коэффициент рабочих ходов.

Продолжительность одного рейса транспортного средства  $T_p$  (мин.) составляет

$$T_p = t_{\text{погр}} + t_p + \frac{60 \cdot 2L}{v_{\text{ср}}},$$

где  $t_p$  – время взвешивания и разгрузки транспортного агрегата, мин.;  $L$  – среднее расстояние перевозки, км;  $v_{\text{ср}}$  – средняя скорость движения транспортного агрегата, км/ч.

Эффективность системы «комбайн–транспортные средства» описывают методы теории массового обслуживания [4]. При работе комбайна постоянно возникают так называемые заявки (требования) на обслуживание в виде наполненных силосной массой транспортных средств. После заполнения силосной массой прицепа транспортного средства (удовлетворения заявки на обслуживание) комбайн становится источником новых заявок. Таким образом, систему «комбайн – транспортные средства» следует рассматривать как замкнутую систему массового обслуживания, в которой в среднем возникает  $\lambda'$  заявок на обслуживание в единицу времени. В то же время каждое транспортное средство (канал обслуживания) способен удовлетворить  $\mu$  заявок в единицу времени.

В системах массового обслуживания наиболее распространен стационарный пуассоновский (простейший) поток заявок, который характеризуется ординарностью, стационарностью и отсутствием последствия. Ординарность означает, что одновременное поступление на обслуживание двух и более заявок считается маловероятным событием. Стационарность потока определяется постоянством вероятности возникновения заявок на обслуживание в течение рассматриваемого времени. Отсутствие последствия проявляется в том, что вероятность поступления определенного числа заявок не зависит от числа предшествующих заявок. В случае пуассоновского потока заявок аналитические зависимости для расчета параметров системы массового обслуживания получаются наиболее простыми.

Интенсивность потока заявок за 1 ч составит

$$\lambda' = \frac{1}{t},$$

где  $t$  – математическое ожидание времени между двумя соседними заявками (среднее время наполнения кузова транспортного средства силосной массой), ч.

За время одного рейса удовлетворяется одна заявка на обслуживание. Следовательно, пропускная способность одного канала обслуживания равна

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{обс}}},$$

где  $t_{\text{обс}}$  – среднее время обслуживания одной заявки, ч.

Приведенная плотность потока заявок  $\psi$  равна

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu}.$$

Параметр  $\psi$  для одноканальной системы соответствует времени, при котором система занята обслуживанием заявок. Разность  $1-\psi$  соответствует времени простаивания системы. Для многоканальной системы параметр  $\psi$  равен среднему числу постоянно занятых обслуживанием каналов, а разность  $n-\psi$  – простаивающих каналов. Величина  $\psi$  не может быть произвольной. Установившийся режим существует только при  $\psi < n$ , в противном случае ( $\psi \geq n$ ) система не справится с обслуживанием, и очередь будет расти неограниченно.

В сельскохозяйственном производстве наибольшее распространение получили системы массового обслуживания с ожиданием. Это такие системы, в которых заявка, поступившая в момент времени (все каналы обслуживания заняты), становится в очередь и ожидает, пока не освободится какой-либо канал. Так, комбайн после наполнения прицепа транспортного средства силосной массой не покидает систему, а ожидает очередное транспортное средство для его загрузки.

Вероятность того, что все каналы обслуживания (транспортные средства) простаивают, т.е. в системе отсутствуют заявки на обслуживание (комбайн не готов к наполнению прицепа транспортного средства) описывается зависимостью

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\psi^k}{k!} + \frac{\psi^{n+1}}{n!(n-\psi)}},$$

где  $n$  – количество всех, имеющихся каналов обслуживания в системе (число транспортных средств, включенных в состав уборочно-транспортного отряда);  $\psi$  – приведенная плотность потока заявок, или коэффициент загрузки системы, определяемый отношением среднего числа заявок, поступающих в единицу времени, к среднему числу заявок, которое система в состоянии обслужить.

Вероятность того, что обслуживанием заняты ровно  $k$  каналов ( $0 \leq k \leq n$ ) равна

$$P_k = \frac{\Psi^k}{k!} P_0.$$

Среднее время ожидания заявок начала обслуживания  $t_{ож}$  (ч) равно

$$t_{ож} = T_p - (n \cdot t_{погр}).$$

Отрицательное значение  $t_{ож}$  означает, что в ожидании будут находиться каналы обслуживания (транспортные средства).

**Результаты и выводы.** По данной методике нами произведен выбор рационального количества транспортных средств для обслуживания одного кормоуборочного комбайна «Ягуар 850» в условиях ОАО «1-ая Минская птицефабрика» (РБ). В качестве транспортных средств на предприятии используют 11 агрегатов Беларус 82.1+2ПТС-4, для полной загрузки которых рекомендовано наращивание бортов, обеспечивающее объем прицепа 17 м<sup>3</sup> и грузоподъемность 4 т.

*Таблица*

Показатели взаимодействия системы комбайн «Ягуар 850» – транспортное средство Беларус 82.1+2ПТС-4

Количество транспортных средств, $n$ , шт.	Наименование показателя			
	Среднее время ожидания комбайна, $t_{ож}$ , мин. (ч)	Ущерб от простоев комбайна, у.е.	Затраты на содержание транспортных средств, у.е.	Общая сумма ущерба и затрат, $S$ , у.е.
1	10,7 (0,178)	10700,0	4,797	10704,797
2	9,2 (0,153)	9200,0	9,595	9209,595
3	7,7 (0,128)	7700,0	14,392	7714,392
4	6,2 (0,103)	6200,0	19,189	6219,189
5	4,7 (0,078)	4700,0	23,987	4723,987
6	3,2 (0,053)	3200,0	28,784	3228,784
7	1,7 (0,028)	1700,0	33,581	1733,581
8	0,2 (0,003)	200,0	38,379	238,379
9	0	0	43,176	43,176
10	0	0	47,973	47,973
11	0	0	52,771	52,771

При уборке кукурузы на силос одним кормоуборочным комбайном «Ягуар 850» со средней пропускной способностью 50 кг/с, урожайности зеленой массы 35,77 т/га, среднем расстоянии транспортировки груза 1 км по дорогам с твердым покрытием и себестоимости 1 тонны зеленой массы 8,33 у.е по формуле (1) определена сумма ущерба от вы-

нужденных простоев кормоуборочного комбайна и затраты на содержание транспортных средств для случаев, когда комбайн обслуживают от 1 до 11 транспортных средств.

В результате исследований (таблица) установлено, что минимальное время ожидания обслуживания кормоуборочного комбайна «Ягуар 850», используемого в ОАО «1-ая Минская птицефабрика» для уборки кукурузы на силос, при наименьшей общей сумме ущерба от простоев комбайна и затрат на содержание транспортных средств, получено при использовании девяти агрегатов Беларусь 82.1+2ПТС-4. Два оставшихся агрегата можно использовать в качестве резервных.

Сокращение времени ожидания кормоуборочного комбайна позволит существенно снизить себестоимость кормов, улучшить их качество путем сокращения времени уборки и закладки на хранение, более рационально использовать сельскохозяйственную технику.

Разработанная методика выбора рационального количества транспортных средств при уборке сельскохозяйственных культур может быть использована при проектировании производственных процессов, планировании использования технического и трудового потенциала в природно-производственных условиях республики и конкретных условиях сельскохозяйственных предприятий.

#### ***Список литературы***

1. Непарко Т.А. Прогнозирование рационального состава машинно-тракторных агрегатов // Агропанорама. 2004. № 2. С. 30-36.

2. Новиков А.В., Непарко Т.А., Кушнер Д.А. Влияние грузоподъемности транспортных средств на производительность кормоуборочных комбайнов. В сб. «Современные технологии и комплексы технических средств в сельскохозяйственном производстве». Материалы международной научно-практической конференции. Минск, БГАТУ, 2005. С. 59 –60.

3. Непарко Т.А., Прищепчик М.В. Рациональное использование технических средств в поточных процессах. В сб. «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве», посвященной ведущим ученым БГАТУ, создателям научной школы по автотракторостроению Д.А. Чудакову, В.А. Скотникову. Материалы Международной научно-практической конференции. Минск, БГАТУ, 2013. С. 191-195.

4. Шило И.Н., Дашков В.Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства. Мн.: БГАТУ, 2003. 183 с.