

Особенности оптимизации уборочного комплекса и выбор экономико-математической модели

Д.И. Микаилов, инженер
Азербайджанский НИИ “Агромеханика”, г. Гянджа

На основі даних оцінки доцільності використання транспортних засобів розглядається задача побудови економіко-математичної моделі і оптимізації збирального комплексу для конкретно взятого економічного регіону. Задача направлена на встановлення оптимального співвідношення між кормозбиральним комбайном і транспортними засобами. Розроблена модель реалізована на ЕОМ з використанням даних імітаційних експериментів.

Высокая стоимость технических средств и значительные затраты для поддержания их работоспособности являются основными сдерживающими причинами в формировании оптимального состава комплекса машин в период уборки урожая.

Одним из решений этой задачи является всестороннее изучение производственно-технологических особенностей региона, резервов эффективности машиноиспользования и оптимизации парка. С учетом актуальности поставленной задачи в Северо-Западной экономической зоне Республики Азербайджан проводили экспертный опрос по оценке ресурсов в области эффективного машиноиспользования. На основе анализа оценок специалистов в соответствии с методикой [1] получены нижеследующие обобщения.

В обследуемом регионе использование колесных тракторов на кормоуборочных работах считается более целесообразным. При этом правильный выбор ширины захвата и рабочей скорости агрегата оценивается как одно из важных мероприятий. Именно в результате этого достигается наиболее полное использование тягового усилия трактора в повышении сменной производительности агрегата и экономия расхода топлива при выборе ширины захвата агрегата.

Кроме тягового усилия трактора, необходимо учитывать и размеры поля, рельеф, состояние почвы и длину гона. Отметим, что при работе широкозахватных агрегатов на участках с короткой длиной гона увеличиваются затраты времени на повороты и переезды с одного участка на другой. Поэтому в таком случае считается целесообразным пользоваться малозахватным, хорошо маневрированным агрегатом. По мнению опрошенных экспертов, при уборке силосной массы для полей с длиной гона 300 м целесообразно пользоваться прицепными комбайнами, а при длине гона 400–600 м – комбайнами КСК-100 или Е-280.

Как известно, производительность машинно-тракторного агрегата зависит также от значения коэффициента использования сменного времени. Для обследуемой зоны при уборке силосной культуры коэффициент использования сменного времени составлял 0,6–0,65. Для увеличения рабочего времени и сокращения времени простоев требуется обеспечить готовность обрабатываемого материала в нужном месте и в нужном количестве. Например, обеспечение хорошо смешанной комбинированной силосной массы при закладке ее в яму, во время осуществления поточности уборки ее с поля смешанного посева и доставки к месту закладки. При этом за счет исключения холостых поездок время на погрузку и разгрузку технологических емкостей уменьшается на 30–35 %.

Уборочный машинный комплекс представляет собой поточную работу взаимодействующих агрегатов. При этом особое место в линии занимает обслуживание транспортными средствами технологических машин. Именно эта особенность дает возможность рассмотреть процесс с позиции теории массового обслуживания [2]. Здесь технологические агрегаты выступают в виде источника заказа, а транспортные средства в виде обслуживающего канала. С учетом этого взаимосвязанную работу силосоуборочного агрегата и транспортных средств можно моделировать как систему многоканального массового обслуживания. Принимаем следующие условные обозначения: S – количество кормоуборочных комбайнов; m – количество транспортных средств; $P_m(t)$ – вероятность участия случайного количества ξ транспортных средств в механизме обслуживания. При этом массовое обслуживание описываем в следующем порядке [3]

$$P\left(\sum_{k=0}^{m-1} p_k \leq a < \sum_{k=0}^m p_k\right) = p_m, \quad (1)$$

где

$$p_m = P(\xi = x_m), \quad m = 0, 1. \quad (2)$$

Определяем оптимальное значение транспортных средств m для случайно меняющегося независимого параметра a . Поскольку они представляют собой распределение целых чисел $p_m = P(\xi = k)$, ($k = 0, 1, 2, \dots$), их можно выразить зависимостью $p_{k-1} = p_k r(k)$.

Для биномиального распределения имеем

$$p_m = P(\xi = k) = C_n^k p^k (1-p)^{n-k}, \quad (3)$$

$$r(k) = \frac{p_{k-1}}{p_k} = \frac{n!}{(k+1)!(n-k-1)!} \times \frac{k!(n-k)!}{n!} \cdot \frac{p}{1-p} = \frac{n-k}{k+1} \cdot \frac{p}{1-p}; \quad k = 0, \dots, n \quad (4)$$

где p_k – вероятность нахождения агрегата в рабочем положении; $r(k)$ – вероятность нахождения агрегата в первом, втором и n -м положениях.

Для распределения Пуассона с параметром λ можно написать выражение

$$p_k = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}; \quad (5)$$

$$r(k) = \frac{\lambda}{k+1}, \quad k = 0, 1, \dots \quad (6)$$

где λ – интенсивность присоединения транспортных средств к уборочному агрегату.

Рациональность стандартного алгоритма обратно пропорциональна к следующей величине

$$S = 1 + \sum_{k=0}^{\infty} k p_k, \quad (7)$$

где S – математическое ожидание простаивающих кормовых комбайнов.

Если $\xi = x_0$, то $S = 1$. При $\xi = x_1$ $S = 2$.

Интенсивность присоединения транспортных средств к обслуживающему механизму (к работе кормоуборочного комбайна) находим из выражения

$$\lambda = \left[60L_n \left(\frac{1}{V_{qr}} + \frac{1}{V_{nor}} \right) + \frac{600Q_r k_r}{B_p V_p g_n} + t_0 + t_{oj} \right]^{-1}, \quad (8)$$

где L_n – расстояние перевозки силоса, км; V_{qr} , V_{nor} – скорость движения транспортного средства соответственно с грузом и без него, км/ч; Q_r – грузоподъемность транспортного средства, м; k_1 – коэффициент использования грузоподъемности; B_p – рабочая ширина захвата кормоуборочного комбайна, м; V_p – рабочая скорость кормоуборочного комбайна, км/ч; g_n – урожайность поля, т/га; t_0 – время простоя транспортного средства на взвешивании с грузом и на разгрузку, ч; t_{oj} – время простоя на ожидании транспортного средства кормоуборочного агрегата, ч.

В качестве целевой функции принят минимум приведенных затрат

$$\Pi(S, m) = Z_1 A_1 + A_2 + A_3(B_1 + B_2) + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + E(K_1 + K_2) \rightarrow \min, \quad (9)$$

где Z – количество тракторов (для самоходного комбайна $Z = 0$, для прицепного комбайна $Z = 1$); A_1 , A_2 – отчисления на амортизацию и на текущий ремонт соответственно трактора и кормоуборочного комбайна, ман (1 ман $\approx 9,47$ грн); A_3 – затраты, связанные с транспортировкой корма, ман; B_1 , B_2 – отчисления на амортизацию и на текущий ремонт соответственно тракторного средства и прицепа, ман; A_4 – зарплата работника, работающего на кормоуборочном агрегате, ман; A_5 – зарплата водителя транспортного средства, ман; A_6 , A_7 – затраты на горючее соответственно по кормоуборочному комбайну и транспортному средству, ман; E – коэффициент эффективности капвложений; K_1 , K_2 – капвложения соответственно по кормоуборочному комбайну и транспортному средству, ман.

Задача направлена на установление оптимального соотношения между кормоуборочным комбайном и транспортными средствами. Изыскивается такое количество транспортных средств, которое обеспечило бы минимум целевой функции при обслуживании известного числа технологических агрегатов.

Разработанная модель на основе данных имитационных экспериментов реализована на ЭВМ.

Библиография

1. *Гмошинский В.Г.* Теоретические основы инженерного прогнозирования / Гмошинский В.Г., Флиорент Г.И. – М., 1973. – 303 с.
2. *Гнеденко Б.В.* Введение в теорию массового обслуживания / Гнеденко Б.В., Коваленко И.А. – М. : Наука, 1966. – 432 с.
3. *Завалишин Ф.С.* Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве / Завалишин Ф.С. – М. : Колос, 1973. – 319 с.