

УДК 631.3.072

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ**Непарко Т.А.¹, канд. техн. наук, доцентПодашевская Е.И.¹, ст. преп.Болтянская Н.И.², канд. техн. наук, доцент¹Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Беларусь²Таврический государственный агротехнологический университет
имени Дмитрия Моторного

Постановка проблемы. Удельный вес затрат на погрузочно-транспортные работы при выполнении сложных производственных операций при возделывании зерновых в условиях Республики Беларусь составляет 15-20%. Для оценки эффективности функционирования погрузочно-транспортных средств предложен комплексный критерий, учитывающий эксплуатационно-экономические и агротехнические показатели качества работы. Поточная линия уборки зерновых культур рассмотрена, как отдельные технологические операции (подсистемы $i = 1, 2, \dots, m$), выполняемые последовательно комплексом машин. Такая линия обладает высокой стохастичностью свойств и режимов функционирования. Замкнутость комплекса машин представлена как многофазная система с ограниченным распределением ресурсов, критерием оптимизации которой служит минимализация общих потерь, как от простоя уборочного комплекса, так и ущерба от объема невыполненной работы из-за снижения производительности машин.

Основные материалы исследования. Пусть Θ – ожидаемый валовой сбор биологического урожая и уборочно-транспортный комплекс разделен на i подсистемы. Потери, связанные с функционированием уборочной подсистемы ($i = 1$), составят

$$P_1 = \Theta - Q_1 D = \Theta - W_1 n_1 \tau_1 T_{cm} D,$$

где Q_1 – ежедневный сбор зерна в $i = 1$ подсистеме; D – агротехнические сроки уборки; W_1 – фактическая часовая производительность; n_1 – количество уборочных агрегатов; τ_1 – коэффициент использования времени смены подсистемы; T_{cm} – продолжительность смены.

Потери, связанные с функционированием погрузочно-разгрузочных ($i = 2$) подсистем,

$$P_2 = D(Q_1 - Q_2) = D \left[Q_1 - (V_{\tau} \lambda_{\tau} \gamma \tau_2 T_{cm} n_2 / t_{12}) \right], \quad (1)$$

потери, связанные с функционированием транспортной ($i = 3$) подсистемы,

$$P_3 = D(Q_2 - Q_3) = D[Q_2 - (V_k \lambda_k \gamma \tau_3 T_{cm} n_3 / t_{ц3})], \quad (2)$$

где Q_2, Q_3 – ежедневный объем погрузки-разгрузки и транспортных работ; V_T, V_K – объем технологической емкости и кузова транспортного средства; λ_T, λ_K – коэффициент использования объема технологической емкости и кузова; τ_2, τ_3 – коэффициент использования времени смены подсистемы; γ – объемная масса материала; n_2, n_3 – количество погрузочно-разгрузочных и транспортных средств; $t_{ц2}, t_{ц3}$ – продолжительность одного погрузочно-разгрузочного и транспортного цикла. Чтобы потери P_2 и P_3 были минимальными, в уравнениях (1) и (2) должен быть максимально большой второй член в скобках правой части, т.е.

$$\min P_2 = \max(V_T \lambda_T \gamma \tau_2 T_{cm} n_2 / t_{ц2}), \quad (3)$$

$$\min P_3 = \max(V_K \lambda_K \gamma \tau_3 T_{cm} n_3 / t_{ц3}). \quad (4)$$

Естественно, что чем меньше продолжительность цикла, тем меньше надо погрузочно-разгрузочных и транспортных средств в $i=2$ и $i=3$ подсистемах и тем легче при заданном составе машин выполнить запланированный объем работ. Для выбора оптимальной стратегии управления уборочно-транспортным процессом при заданной интенсивности грузопотока определим, какие задачи управления строятся при варьировании численных значений переменных в выражениях (3) и (4). Поскольку величины $V_T \lambda_T \gamma$ и $V_K \lambda_K \gamma$ для выбранных погрузочно-разгрузочных средств постоянны, то оптимизация продолжительности цикла сводится к оптимизации скорости движения и расстояния условного рейса.

Оптимизация средней скорости перевозок сводится в основном к сокращению времени простоев в ожидании обслуживания:

$$T_{пр} = N \sum_{i=1}^m t_{ож\ i\ ср}, \quad (5)$$

где $N = \Theta / (V_K \lambda_K \gamma)$ – плановое количество рейсов транспортных средств за T_a ; $t_{ож\ i\ ср}$ – среднее время ожидания обслуживания транспортных средств в i -й подсистеме.

Общее время перемещения собранного урожая в поточной линии в течение агротехнического срока или суммарная производительность должны быть одинаковы во всех подсистемах:

$$W_i = W_{i+1} = \dots = W_m. \quad (6)$$

Для стационарного режима эксплуатации в поточных линиях при жестком взаимодействии технологических звеньев максимальный коэффициент использования времени смены достигает 0,7 [1].

Фактическое суммарное время работы машин за $T_a \sum_{i=1}^m T_{\phi i} - T_a = 0$ или $T_{\phi i} = T_a / m$. Оптимальное время работы каждой подсистемы —

необходимый, но недостаточный критерий оптимизации функционирования поточной линии. Следует найти оптимальный состав технических средств в каждой подсистеме. Для этого необходимо определить вероятность простоя машин в i -й подсистеме и с учетом этой вероятности рассчитать состав технических средств при минимуме потерь. Минимум потерь достигается применением гибких связей технологических звеньев в расчете на возможные отказы. Функционирование уборочного комплекса ($i=1$ и $i=2$ подсистем) в реальных условиях характеризуется жесткой связью. Тогда необходимое количество агрегатов n_2 в $i=2$ подсистеме:

$$n_2 \geq W_{н1} / (W_{п2} p_{п2}) + z' / (W_{р2} p_{р2}), \quad (7)$$

где $W_{н1}$ – нормативная часовая производительность уборочного отряда; $W_{п2}$ – средняя эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочного средства на уборке зерновой части урожая; $p_{п2}$ – вероятность того, что все погрузочно-разгрузочные средства заняты в одном уборочном цикле; z' – количество рулонов (тюков) соломы в поле; $W_{р2}$ – средняя эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочного средства на уборке незерновой части урожая; $p_{р2}$ – вероятность того, что погрузочно-разгрузочные средства заняты на уборке незерновой части урожая.

Минимально допустимое количество погрузочно-разгрузочных средств в $i=2$ подсистеме, обеспечивающее непрерывность уборочного процесса в $i=1$ подсистеме, должно быть не менее $2n_2/3$.

Количество рулонов (тюков) n'_2 , ожидающих погрузки и вывоза с поля, определим из предположения, что уборочный комплекс работает в стационарном режиме с цикловой производительностью $W_{ц1}$ [2] $n'_2 = \ln p_{от} / \ln(W_{ц1} / W_2) - \ln((W_{ц1} / W_2) + 1)$, где $p_{от}$ – вероятность отказа или вероятность того, что вся незерновая часть урожая убрана.

Потребность в транспортных средствах n_3 для поддержания стационарного режима уборочного комплекса [2]:

$$n_3 = \ln p_{от} / \ln(W'_2 / W_3) - \ln((W'_2 / W_3) + 1), \quad (8)$$

где W'_2 – масса зерна (незерновой части урожая), убранного в единицу времени; W_3 – цикловая производительность транспортной единицы.

Применение гибкой технологии и предложенной методики определения n_2 , n'_2 и n_3 при проектировании поточной линии позволяют достичь максимального использования потенциальных возможностей подсистем. Принимая во внимание, что транспортные средства выступают в роли связующего звена функционирования всех последующих подсистем ($i = 4, 5, \dots, m$), необходимо увязать их взаимодействие по производительности согласно уравнению (6) и

выбрать оптимальный состав технических средств, обеспечивающих минимальные простои транспортных средств в ожидании обслуживания. Решение задачи сводится к минимизации общих C потерь от простоя уборочного комплекса, содержания и обслуживания погрузочно-транспортного парка за агротехнический срок и ущерб от объема невыполненной работы из-за снижения производительности машин в i -й подсистеме за T_a из-за простоев.

Общие потери для i -й подсистемы поточной линии составят

$$C = C_T T_{пр т} + \sum C_i T_a - N \sum C_i T_{ф i} + E_{н i} / C_3 \Delta Q_i. \quad (9)$$

где C_T, C_i – стоимость 1 ч простоя транспорта и технических средств уборочного отряда; $T_{пр т}$ – общее время простоя транспорта в ожидании обслуживания за агротехнический срок, определяемое из уравнения

(5); $T_{ф i} = \sum_{i-1}^m t_{об i ср}$ – фактическое время работы обслуживающих

подсистем транспорта за агротехнический срок; $t_{об i ср}$ – среднее время обслуживания транспортной единицы в i -й подсистеме; $E_{н i}$ – нормативный коэффициент эффективности дополнительных капложений; C_3 – себестоимость зерна; $\Delta Q_i = Q_i - Q_{ф i}$ – объем невыполненной работы из-за снижения производительности машин в i -й подсистеме за T_a .

Из уравнения (9) видно, что свести к минимуму общие потери для уборочно-транспортной поточной линии можно как за счет исключения простоев техники, так и за счет уменьшения ущерба от снижения производительности машин из-за несогласованности работы уборочно-транспортного комплекса.

Результаты и выводы. Для повышения эффективности работы погрузочно-транспортных средств в поточной технологической линии на уборке зерновых культур необходимо свести до минимума простои техники во всех звеньях, так как эти простои приводят к увеличению ущерба от снижения производительности машин и сроков уборки. Определить рациональное количество техники в подсистемах поточной технологической линии на уборке зерновых культур можно по зависимостям (7) и (8).

Список использованной литературы

1. Непарко Т.А. Моделирование взаимодействия технических средств при производстве механизированных работ // Агропанорама. 2004. № 3. С. 14-16.
2. Непарко Т.А., Терентьев В.В., Дорохов В.Е. Новые подходы в методике выбора рационального состава машинно-тракторных агрегатов // Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Минск: БГАТУ, 2021. С. 232-236.