

Список используемой литературы

1. Догадина, М.А., Правдюк А.И., Криворотова, Е.И. Вызовы и тренды рынка биопестицидов // Вестник аграрной науки. 2024. № 2 (107). С. 40–48.
2. Гурьев, Г.П., Донская, М.В., Донской, М.М., Якубовская, А.И., Каменева, И.А., Зубоченко, А.А. Влияние микробиологических препаратов и предшественника на формирование симбиотического аппарата, урожайность и агрохимические показатели почвы при возделывании чечевицы, нута и чины // Зернобобовые и крупяные культуры. 2024. № 1 (49). С. 10–18.
3. Брескина, Г.М., Масютенко, Н.П., Чуян, Н.А. Биопрепараты как средство восстановления здоровья черноземных почв // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2 (58). С. 25–31.
4. Брескина, Г.М., Чуян, Н.А. Влияние биопрепаратов и азотных удобрений на фитотоксичность чернозема типичного при применении побочной продукции на удобрение // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 1 (385). С. 57–61.
5. Завалин, А.А. Оптимизация минерального питания и продуктивности растений при использовании биопрепаратов и удобрений // Достижение науки и техники АПК. 2015. Т. 29. №5. С. 26–28.
6. Сафиоллин, Р.Р., Лукманов, А.А., Сулейманов, С.Р., Хисматуллин, М.М., Сержанов, И.М., Хисматуллин, М.М. Теоретические основы и практические приемы применения Агробальзама на посевах подсолнечника в почвенно-климатических условиях республики Татарстан // Агрохимический вестник. 2024. № 2. С. 22–27.
7. Алексеевкова, Е.А. Биоземледелие – шаг за шагом // АгроФорум. 2020. № 7. С. 49–55.
8. Сидорова, Т.М., Асатурова, А.М., Аллахвердян, В.В.
9. Особенности антагонизма бактерий рода bacillus по отношению к токсиногенным грибам Fusarium при защите растений от болезни и контаминации микотоксинами (обзор) // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16. № 4 (61). С. 86–103.
10. ГОСТ 12038-84.

УДК 631.3.072

Т.А. Непарко, канд. техн. наук, доцент,

Е.А. Городецкая, канд. техн. наук, доцент,

И.П. Прокопенко, магистрант

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

E-mail: mta_mtp@bsatu.by

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ключевые слова: погрузочно-транспортные средства, поточность, технологическая линия, производительность, уборочно-транспортный комплекс.

Keywords: loading and transport vehicles, flow rate, production line, productivity, harvesting and transport complex.

Аннотация: статья посвящена проблеме повышения эффективности выполнения сложных производственных операций на примере уборки зерновых культур. Разработана методика, позволяющая более рационально использовать сельскохозяйственную технику во всех звеньях, уменьшить ущерб от снижения производительности машин и увеличения сроков уборки.

Summary: the article is devoted to the problem of increasing the efficiency of complex production operations on the example of grain harvesting. A method has been developed that makes it possible to use agricultural machinery more efficiently at all levels, reduce the damage caused by reduced productivity of machines and increase the time of harvesting.

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 простой уборочного комплекса, так и ущерба от объема невыполненной работы из-за снижения производительности машин.

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,

$$P_2 = D(Q_1 - Q_2) = D[Q_1 - (V_T \lambda_T \gamma \tau_2 T_{cm} n_2 / t_{ц2})], \quad (1)$$

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 Π_2 и Π_3 были минимальными, в уравнениях (1) и (2) должен быть максимально большой второй член в скобках правой части, т.е.

$$\min \Pi_2 = \max (V_T \lambda_T \gamma \tau_2 T_{cm} n_2 / t_{ц2}), \quad (3)$$

$$\min \Pi_3 = \max (V_K \lambda_K \gamma \tau_3 T_{cm} n_3 / t_{ц3}) \quad (4)$$

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:

$$n_2 \geq W_{n1} / (W_{n2} p_{n2}) + z' / (W_{p2} p_{p2}), \quad (7)$$

где W_{n1} – нормативная часовая производительность уборочного отряда; W_{n2} – средняя эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочного средства на уборке зерновой части урожая; p_{n2} – вероятность того, что все погрузочно-разгрузочные средства заняты в одном уборочном цикле; z' – количество рулонов (тюков) соломы в поле; W_{p2} – средняя эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочного средства на уборке незерновой части урожая; p_{p2} – 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_{n1} [2] $n'_2 = \ln p_{от} / \ln(W_{n1} / W_2) - \ln((W_{n1} / W_2) + 1)$, 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 потерь от простоя уборочного комплекса, содержания и обслуживания погрузочно-транспортного парка за агротехнический срок и ущерба 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

$$C = C_{\tau} T_{\text{пр } \tau} + \sum C_i T_a - N \sum C_i T_{\phi i} + E_{n i} / C_3 \Delta Q_i. \quad (9)$$

где C_{τ} , C_i – стоимость 1 ч простоя транспорта и технических средств уборочного отряда; $T_{\text{пр } \tau}$ – общее время простоя транспорта в ожидании обслуживания за агротехнический срок, определяемое из уравнения (5);

$T_{\phi i} = \sum_{i-1}^m t_{\text{об } i \text{ ср}}$ – фактическое время работы обслуживающих подсистем

транспорта за агротехнический срок; $t_{\text{об } i \text{ ср}}$ – среднее время обслуживания транспортной единицы в i -й подсистеме; $E_{n i}$ – нормативный коэффициент эффективности дополнительных капвложений; C_3 – себестоимость зерна; $\Delta Q_i = Q_i - Q_{\phi i}$ – 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.

Список использованной литературы

1. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства : учебное пособие / Т. А. Непарко, А. В. Новиков, И. Н. Шило ; под общ. ред. Т. А. Непарко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 199 с.
2. Непарко, Т. А. Технология и техническое обеспечение производства продукции растениеводства [Электронный ресурс] : электронное учебное пособие / Т.А. Непарко ; Минсельхозпрод РБ, БГАТУ, Кафедра ЭМТП и А. – Минск : БГАТУ, 2023.
3. Непарко Т.А. Моделирование взаимодействия технических средств при производстве механизированных работ // Агропанорама.– 2004.– № 3.–С. 14–16.