

Высокую эффективность гряд шириной по основанию 140 см для Беларуси установил А.А. Богушевич. Однако другие исследователи отмечают, что возделывание картофеля этим способом наряду со снижением затрат, уменьшает урожайность до 30% [20, 38]. В РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» получено увеличение коэффициента размножения картофеля при посадке на грядах по схеме 140x70 см и 140x100 см в сравнении со схемой 70x35 см. По данным авторов из Нечерноземной зоны Российской Федерации при схеме посадки 110+30 см валовой урожай увеличивается на 10–25%. Изучение схем посадок 60+50, 70+90, 60+70 см не выявило существенных различий в урожайности клубней между ними.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» изучен ленточный способ посадки картофеля по схеме (90+50) x 25 см, который не оказал существенного влияния на урожай, но улучшил условия уборки и снизил затраты на его выращивание [45, 46]. В дальнейшем здесь же была разработана технология ленточно-грядковой посадки по схеме 110x70 см, увеличивающая урожай на тяжелых почвах.

Грядковые системы посадки картофеля на протяжении длительного времени применяются в Канаде, США и Великобритании и в настоящее время вновь привлекают внимание в связи с поисками новых систем выращивания картофеля. В отличие от гребневой системы с расстоянием между гребнями 90 см ширина гряд составляет 120 см, при этом образуется достаточно большое междурядье для прохода колес более крупных тракторов с колеей 180 см. Посадку ведут обычно четырехрядными лентами по схеме 25+25+25+75 или трехрядными по схеме 45+45+90 см с помощью сажалок с двухложечными высаживающими аппаратами.

#### Литература

1. Петько А.Б. Влияние способов посадки на урожай и условия механизации процессов выращивания и уборки картофеля // Картофелеводство.– 1974.– Вып.2.– С. 70–73.
2. Петько А.Б. Исследование и усовершенствование элементов технологии возделывания картофеля на переувлажненных почвах Белоруссии:– Автореф.дис...канд.с.-х.наук: 06.01.09/ Мн., 1975.– 23 с.
3. Петько А.Б. Грядковая технология выращивания картофеля для временно избыточно увлажняемых почв // Пути интенсификации картофелеводства в БССР.– Мн., 1983.– С. 129–132.
4. Петько А.Б. Ленточно-грядковая технология возделывания картофеля // Картофелеводство, селекция, семеноводство, агротехника.– Мн., 1986.– С. 171–180.

УДК 631.3.072

#### **СЛОЖНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОПЕРАЦИИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

**Непарко<sup>1</sup> Т.А.**, к.т.н., доцент, **Болтянская<sup>2</sup> Н.И.**, к.т.н., доцент,  
**Терентьев<sup>3</sup> В.В.**, к.т.н., доцент, **Прокопенко<sup>1</sup> И.П.**, магистрант

<sup>1</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск,

<sup>2</sup>Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь,

<sup>3</sup>Рязанский государственный агротехнологический  
университет им. П.А. Костычева, г. Рязань

Удельный вес затрат на погрузочно-транспортные работы при выполнении сложных производственных операций при возделывании зерновых культур 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.

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

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

где  $Q_1$  – ежедневный сбор зерна в  $i = 1$  подсистеме;  $D$  – агротехнические сроки уборки;  $W_1$  – фактическая часовая производительность;  $n_1$  – количество уборочных агрегатов;  $\tau_1$  – коэффициент использования времени смены подсистемы;  $T_{\text{см}}$  – продолжительность смены.

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

$$P_2 = D(Q_1 - Q_2) = D \left[ Q_1 - (V_{\text{т}} \lambda_{\text{т}} \gamma \tau_2 T_{\text{см}} n_2 / t_{\text{ц2}}) \right], \quad (1)$$

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

$$P_3 = D(Q_2 - Q_3) = D \left[ Q_2 - (V_{\text{к}} \lambda_{\text{к}} \gamma \tau_3 T_{\text{см}} n_3 / t_{\text{ц3}}) \right], \quad (2)$$

где  $Q_2, Q_3$  – ежедневный объем погрузки-разгрузки и транспортных работ;  $V_{\text{т}}, V_{\text{к}}$  – объем технологической емкости и кузова транспортного средства;  $\lambda_{\text{т}}, \lambda_{\text{к}}$  – коэффициент использования объема технологической емкости и кузова;  $\tau_2, \tau_3$  – коэффициент использования времени смены подсистемы;  $\gamma$  – объемная масса материала;  $n_2, n_3$  – количество погрузочно-разгрузочных и транспортных средств;  $t_{\text{ц2}}, t_{\text{ц3}}$  – продолжительность одного погрузочно-разгрузочного и транспортного цикла.

Чтобы потери  $P_2$  и  $P_3$  были минимальными, должно выполняться условие

$$\min P_2 = \max(V_{\text{т}} \lambda_{\text{т}} \gamma \tau_2 T_{\text{см}} n_2 / t_{\text{ц2}}), \quad (3)$$

$$\min P_3 = \max(V_{\text{к}} \lambda_{\text{к}} \gamma \tau_3 T_{\text{см}} n_3 / t_{\text{ц3}}). \quad (4)$$

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  $V_{\text{т}} \lambda_{\text{т}} \gamma$  и  $V_{\text{к}} \lambda_{\text{к}} \gamma$  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:

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

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:

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

Оптимальное время работы каждой подсистемы — необходимый, но недостаточный критерий оптимизации функционирования поточной линии. 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:

$$n_2 \geq W_{н\ 1} / (W_{п\ 2} p_{п\ 2}) + z' / (W_{р\ 2} p_{р\ 2}), \quad (7)$$

где  $W_{н\ 1}$  – нормативная часовая производительность уборочного отряда;  $W_{п\ 2}$  – средняя эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочного средства на уборке зерновой части урожая;  $p_{п\ 2}$  – вероятность того, что все погрузочно-разгрузочные средства заняты в одном уборочном цикле;  $z'$  – количество рулонов (тюков) соломы в поле;  $W_{р\ 2}$  – средняя эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочного средства на уборке незерновой части урожая;  $p_{р\ 2}$  – вероятность того, что погрузочно-разгрузочные средства заняты на уборке незерновой части урожая.

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), убранный в единицу времени;  $W_3$  – цикловая производительность транспортной единицы.

Принимая во внимание, что транспортные средства выступают в роли связующего звена функционирования всех последующих подсистем ( $i = 4, 5, \dots, m$ ), необходимо обеспечить их взаимодействие по производительности согласно уравнению (6) и выбор оптимального состава технических средств для их беспростойной работы. Решение задачи сводится к минимизации общих  $C$  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

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

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);  $T_{\phi i} = \sum_{i-1}^m t_{об i ср}$  – 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 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.

#### Литература

1. Непарко Т.А. Моделирование взаимодействия технических средств при производстве механизированных работ // Агропанорама. – 2004. – № 3. – С. 14-16.
2. Дедков В.К., Северцев Н.А. Основные вопросы эксплуатации сложных систем: Учеб. пособие для вузов – Москва: Высшая школа, 1976. – 406 с.
3. Тарасенко, В.П. Прикладной системный анализ / В.П. Тарасенко. – М.: КНОРУС, 2010. – 224с.

УДК 631.3.012:631.4

### **ОЦЕНКА СНИЖЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ИЗ-ЗА ПОВРЕЖДЕНИЯ РАСТЕНИЙ ДВИЖИТЕЛЯМИ**

**Янцов Н.Д., к.т.н., доцент, Кошля Г.И., Довбня А.А., магистрант**

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Анализ научных исследований по воздействию движителей машин на почву позволил выделить наиболее главные факторы, которые определяют плодородие почв и, как следствие, урожай сельскохозяйственных культур. Этими факторами являются:

а) изменение агрофизических свойств почв; б) изменение структуры почвы и ее истирание; в) уничтожение гумусообразующих и рыхлящих почву живых существ (снижение биологической активности почвы); г) механическое повреждение стеблей и корневой системы растений.

При выполнении технологических операций в растениеводстве в работе МТА всегда присутствует некоторое буксование. Работа буксующего колеса сопровождается сдвигом почвы из зоны контакта, в результате чего происходит механическое повреждение культурных растений (рассмотрим на примере уборки многолетних трав). Этот процесс можно представить так, что к моменту входа в контакт с почвой очередного грунтозацепа шины, предыдущий из-за буксования колеса переместится и площадь контакта  $S$  элементов шины с почвой сократится и составит  $S(1 - \delta)$ , при этом:

$$S = S_{Г} - S_{П}, \quad (1)$$

где  $S_{Г}$  и  $S_{П}$  – площади опорных поверхностей грунтозацепов и промежутков между ними в пределах расстояния между смежными параллельными грунтозацепами;  
 $\delta$  – коэффициент буксования.