

$$W_{\text{ч}} = A \frac{P_{\tau_0} \cdot V_{p_0} \cdot \tau_0}{K_0} K_w . \quad (11)$$

Введенная величина  $K_w$  называется коэффициентом производительности и подсчитывается по формуле

$$K_w = \frac{[1 - \Delta P(V_p - V_{p_0})] \cdot [1 + \Delta V(V_p - V_{p_0})] \cdot [1 - \Delta \tau(V_p - V_{p_0})]}{1 + [1 + \Delta K(V_p - V_{p_0})]} . \quad (12)$$

В выражении (11)  $A$ ,  $P_{\tau_0}$ ,  $V_{p_0}$ ,  $K_0$ ,  $\tau_0$  – величины постоянные для данной технологической операции, а  $K_w$  – переменная. При увеличении скорости абсолютные значения удельного сопротивления растут, а тяговое усилие и коэффициент использования времени смены уменьшается. Следовательно, существует определенная скорость движения агрегата, соответствующая максимуму его производительности, поэтому при изменении  $K_w$  изменяется и производительность агрегата.

### Заключение

Выполненный анализ оптимизации скоростного режима работы агрегата свидетельствует о том, что при выборе скорости движения необходимо учитывать все факторы, определяющие в совокупности наиболее выгодный диапазон скорости, обеспечивающей наибольшую производительность.

### Литература

1. Киртбая Ю.К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка. – М. : Колос, 1982.
2. Павлов Б.В., Пушкарева П.В. и др. Проектирование комплексной механизации сельскохозяйственных предприятий. – М. : Колос, 1982.
3. Зангиев А.А., Лышко Г.П. и др. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка. – М. : Колос, 1996.
4. Зангиев А.А. Оптимизация эксплуатационных параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов. – М., 1986.
5. Барский И.Е. и др. Динамика трактора. – М., 1973.

УДК 631.3.072

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ

<sup>1</sup>Непарко Т.А., к.т.н., доцент, <sup>2</sup>Непарко С.Л., зам. директора, <sup>3</sup>Прищепчик М.В., студент

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

<sup>2</sup>ООО «Белветагро-авто»

<sup>3</sup>УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

г. Минск, Республика Беларусь

Изложены методика выбора рациональных комплексов машин и полученна критериальная математическая модель.

### Введение

Сложность сельскохозяйственного производства требует включения в сферу управления отраслью всех современных научных достижений в области экономики, автоматики и вычислительной техники. Особенно это касается управления системами, функционирующими в условиях постоянной необходимости принятия и выполнения оперативных решений. Примером таких систем может служить машинно-тракторные агрегаты и комплексы машин, функция которых, как правило, реализуется в условиях достаточно жестких ограничений на сроки проведения работ, допустимые потери и ресурсы производительных сил. На всех этапах планирования работы агрегатов и комплексов машин в сельскохозяйственных предприятиях наиболее приемлемо использование математического моделирования, основанного на теории исследования операций и позволяющего описать все основные связи, ха-

рактически характеризующие производственный процесс, а также раскрыть его внутреннюю логику, обнаружить качественно новые связи и закономерности.

### Основная часть

Механизированное производство сельскохозяйственных культур характеризуется тесной и сложной взаимосвязью между технологическими, транспортными и погрузочно-разгрузочными операциями. При непрерывном взаимодействии технических средств происходит постоянная передача технологического материала обслуживаемому агрегату, которая может быть прервана лишь по технологическим и техническим причинам. Непрерывное взаимодействие осуществляется как с остановками основного агрегата (при отсутствии обслуживающих машин), так и без остановки (при накоплении технологического материала в бункере основного агрегата). Примером может служить взаимодействие копателей-погрузчиков с транспортными средствами, картофелеуборочных комбайнов, имеющих бункеры-накопители, при подаче клубней непосредственно в рядом идущее транспортное средство.

Дискретное взаимодействие агрегатов характеризуется тем, что передача технологического материала осуществляется порциями, равными вместимости технологических емкостей (бункеров - накопителей), и в отдельные моменты времени, т.е. дискретно, а в остальное время основные и обслуживающие агрегаты работают автономно. Примером может служить взаимодействие посадочных агрегатов и загрузчиков картофелесажалок, агрегатов по внесению удобрений и погрузчиков.

При таких взаимодействиях характерно групповое использование техники при согласовании производительностей в поточных процессах и цикличности повторяющихся элементов времени транспортных средств и основных агрегатов в комплексах, так как при этом намного облегчается контроль за выполнением операций, более оперативно применяются меры в случае неисправностей, что позволяет улучшить использование фонда времени всех машин комплекса в течение смены и повысить их производительность.

Функционирование основных агрегатов в начале времени смены практически не отличается от одиночной работы машинно-тракторных агрегатов (МТА). Однако параметры и режимы работы отдельных машин и агрегатов и параметры всего комплекса взаимозависимы и оказывают влияние друг на друга. Поэтому оптимизацию параметров и режимов работы отдельных МТА следует производить как с учетом природно-производственных условий их использования, так и с учетом типа поточного процесса.

Основной характеристикой поточных процессов, связанных с транспортом, является время цикла  $T_u$  поточного процесса:

– при дискретном взаимодействии агрегатов (например, посадочные агрегаты, выгрузка бункера уборочного агрегата на остановке и др.)

$$T_u = \frac{V_{TE} \lambda_{TE} \gamma}{W_q H N} + t_g, \quad (1)$$

где  $V_{TE}$  – объем кузова транспортного средства, м<sup>3</sup>;  $\lambda_{TE}$  – коэффициент наполнения кузова;  $\gamma$  – плотность технологического материала, т/м<sup>3</sup>;  $H$  – урожайность (нормы высева, внесения материала), т/га;  $N$  – количество основных агрегатов в группе;  $W_q$  – производительность основных агрегатов за час технологического времени без учета согласования их работы с транспортной единицей, га/ч;  $t_g$  – время на погрузку (разгрузку) транспортного средства, ч,

– при непрерывном взаимодействии агрегатов (без бункера) (например, работа копателей-погрузчиков)

$$T_u = \frac{V_{TE} \lambda_{TE} \gamma}{W_q H N}, \quad (2)$$

– при непрерывном взаимодействии агрегатов (с бункером) (например, работа картофелеуборочных комбайнов и др.)

$$T_u = \frac{V_{TE} \lambda_{TE} \gamma}{W_q H N} \left[ 1 + \frac{W_q H t_g}{V_o \lambda_o \gamma} \right], \quad (3)$$

где  $V_o$  – объем технологической емкости основного агрегата, м<sup>3</sup>;  $\lambda_o$  – коэффициент наполнения технологической емкости.

Из выражений (1)–(3) вытекает, что чем больше количество основных агрегатов  $N$  в комплексе, выше их производительность  $W_q$  и меньше грузоподъемность транспортной единицы, тем меньше

времени простоит на поле транспорт в ожидании погрузки (разгрузки). Однако необходимо учитывать, что количество одновременно используемых основных агрегатов не может быть безграничным. Так как чем больше основных агрегатов будет работать в одном комплексе, тем больше времени будет теряться на организационные неувязки непосредственно на поле (подъезд транспортной единицы к основным агрегатам с полным бункером (пустой технологической емкостью), переезды агрегатов с участка на участок и т.д.).

Не менее важной характеристикой поточного процесса является и время оборота транспортного средства  $T_o$ , которое для поточных процессов вида (1) и (3) определяется по выражению

$$T_{o_{ik}} = \frac{V_{TE} \lambda_{TE}}{V_o \lambda_o} (t_g + t_{ож}) + \frac{2l_{ne}}{v_{ne}} + A,$$

а для процессов вида (2) по выражению

$$T_o = \frac{V_{TE} \lambda_{TE} \gamma}{W_q H} + t_{ож} + \frac{2l_{ne}}{v_{ne}} + A,$$

где  $l_{ne}$  – среднее расстояние перевозки груза, км;  $v_{ne}$  – средняя техническая скорость движения транспортного средства с грузом и без груза, км/ч;  $A$  – время разгрузки (погрузки) транспортного средства, взвешивания, оформления документов и др., ч.

Необходимое для обслуживания  $N$  основных агрегатов количество транспортных средств определится по формуле [2, 3]

$$N_{TE} = \frac{T_o}{T_y}.$$

Однако потребное количество транспортных средств лишь изредка может получиться целым, поэтому, возникает необходимость округления их количества к ближайшему целому числу.

Округление необходимого числа транспортных средств  $N_{TE}$  к ближайшему большему целому числу « $D$ »

$$N_{TE}' = \frac{T_o}{T_y} \uparrow = D$$

ведет к простоям обслуживающего транспорта, а суммарные потери времени транспортных средств определяются по выражению

$$t_{nom} = k' D (T_o' - T_o),$$

где  $T_o'$  – фактическое время оборота транспортных средств при округлении необходимого их числа к ближайшему большему целому, ч;  $k'$  – количество оборотов (рейсов) каждого транспортного средства за время обработки участка площадью  $F$ .

Поскольку при округлении необходимого количества транспортных средств к ближайшему большему целому числу все возможные потери времени переносятся на транспорт, то производительность основных агрегатов  $W_q'$  будет равна их технически возможной (с учетом прочих элементов времени смены), т.е.

$$W_q' = W_q,$$

а производительность транспортных средств в соизмеримых единицах

$$W_{q_{TE}}' = \frac{V_{TE} \lambda_{TE} \gamma}{HT_o'}.$$

Округление необходимого количества транспортных средств  $N_{TE}$  к ближайшему меньшему числу « $I$ »

$$N_{TE}'' = \frac{T_o}{T_y} \downarrow = I$$

приведет к простоям основных агрегатов в ожидании обслуживающего транспорта, а их суммарные потери времени определяются по выражению

$$t_{nom} = k'' N (T_o - T_o''),$$

где  $T_o''$  – необходимое время оборота транспортных средств, при котором не было бы простоев основных агрегатов, ч.

Поскольку возможности уменьшения времени оборота  $T_o$  до  $T_o''$  ограничиваются по техническим причинам, то время оборота транспортных средств остается равным  $T_o$ , что и приводит к простоям основных агрегатов.

Фактическая производительность основных агрегатов

$$W_q'' = W_q \left( 1 - \frac{W_q t_{nom}}{F} \right) \xi, \quad \text{при } \xi \leq 1$$

и транспортных средств в соизмеримых единицах

$$W_{q_{TE}}'' = \frac{V_{TE} \lambda_{TE} \gamma}{HT_o}.$$

Коэффициент  $\xi$  учитывает недостаток транспортных средств на поле, и определяет возможные простои основных агрегатов в том случае, если время наполнения бункера основного агрегата будет меньше времени, необходимого для возвращения одного из транспортных средств на поле. При величине коэффициента  $\xi > 1$ , он ограничивается значением равным единице, что говорит о достаточном или излишнем количестве транспорта.

Необходимость округления количества транспортных агрегатов к ближайшему большему или меньшему целому числу определяем по интегральному критерию относительного удаления от цели

$$\mu' = \frac{N_{D_{onn}}^n + M^n + Q^n + Z^n + S^n}{N_{D_{onn}}^o + M^o + Q^o + Z^o + S^o} - 1 \rightarrow \min, \quad (4)$$

где  $N_{D_{onn}}$  – относительное число нормо-смен;  $M$  – материалоемкость, кг/га;  $Q$  – затраты топлива, кг/га;  $Z$  – затраты труда, ч/га;  $S$  – прямые эксплуатационные затраты, у.е./га.

Индекс "н" обозначает нормирование, а индекс "о" – значение критерия идеального варианта из множества альтернативных вариантов (минимальное) [1].

В результате моделирования поточных процессов из выходного множества альтернативных вариантов выбираем наиболее рациональный состав основных агрегатов  $N$ , режимы работы и их количество в группе, и количество обслуживающих транспортных агрегатов в зависимости от природно-производственных условий использования техники в сельскохозяйственном предприятии.

Алгоритм выбора рационального состава и режимов работы МТА и комплексов машин реализован с помощью программных средств для ПЭВМ. Алгоритм предусматривает следующую последовательность решения задачи: 1. Формирование начального множества альтернативных вариантов, исходя из условий модельного или конкретного сельскохозяйственного предприятия. 2. Сужение начального множества до выходного множества альтернативных вариантов (ВМА), используя метод Парето [2] и ограничения: выполнение операции в наиболее целесообразные агротехнически обоснованные сроки; ограничение количества машин определенных марок их наличием на предприятии. 3. Сравнение вариантов из ВМА по величине относительного удаления от цели (4) и выбор рационального варианта, которому соответствует минимальное значение удаления  $\mu'$ .

По данной методике был произведен выбор рационального комплекса машин для комбайновой уборки картофеля с транспортировкой клубней автомобильным транспортом на расстояние 5 км. Расчеты производились для картофелеуборочного комбайна Л-605 при наличии в одной группе (на одном поле) от одного до пяти уборочных агрегатов. В качестве транспортного средства приняли автомобиль-самосвал ЗИЛ-ММЗ-554М. При этом площадь поля 50 га, урожайность картофеля 25 т/га, агротехнический срок уборки 15 дней (с 1 по 15 сентября).

Как отмечалось ранее функционирование основных агрегатов комплекса машин в начале времени смены практически не отличается от одиночной работы МТА, поэтому выбор рациональных параметров и режима работы картофелеуборочных комбайнов на данном этапе производился с учетом природно-производственных условий, а выбор рациональных размеров комплексов машин – с учетом типа поточного процесса. В результате исследований установлено, что работа картофелеуборочных комбайнов по четыре в группе, по сравнению с одиночным использованием, позволяет снизить показатель обобщенной оценки почти на 100% (с 0,282 до 0,002 при  $N'_k = 4$ ,  $N'_{TE} = 3$ ) при избытке или на 71,43% (с 0,119 до 0,034 при  $N''_k = 4$ ,  $N''_{TE} = 2$ ) при недостатке транспортных средств, что объясняется неполным использованием фонда времени транспортных агрегатов и значительным снижением их производительности. Так, например, производительность транспортного агрегата при обслуживании одного комбайна равна 0,073 га/ч, что составляет только 40,78% от максимально возможной его про-

изводительности, которой транспортный агрегат может достигнуть при обслуживании пяти уборочных МТА в группе.

Как недостаток, так и избыток обслуживающих транспортных средств приводит к росту затрат на единицу выполненной работы, однако в подавляющем большинстве случаев округление количества транспортных средств к ближайшему большему целому числу приводит к более низким ресурсозатратам, чем планирование недостатка транспорта путем округления к ближайшему меньшему целому числу, так как это приводит к росту потерь рабочего времени уборочных агрегатов, что в стоимостном выражении значительно дороже простоя транспортных средств. Таким образом, выбор рациональных размеров комплексов машин позволяет получить экономию ресурсов при уборке единицы площади картофеля за счет более полного использования фонда времени уборочных и транспортных агрегатов и, следовательно, повышения их производительности.

### **Заключение**

Разработанная методика выбора рациональных комплексов машин и полученные критериальные математические модели могут быть использованы при проектировании производственных процессов, планировании использования технического и трудового потенциала, организации работ и управлении производственными процессами в сельскохозяйственных предприятиях.

### **Литература**

1. Непарко Т.А. Прогнозирование рационального состава машинно-тракторных агрегатов // Агропанорама.- 2004.- № 2.- С. 30-36.
2. Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень.- Київ.: Урожай, 1994.

**УДК 631.3.01-23**

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПЕРЕВОЗКАХ**

**Лабодаев В.Д., к.т.н., доцент**

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

Приведены данные о загрузке двигателя при работе автомобиля с номинальной нагрузкой на перевозках сельскохозяйственных грузов и обоснованы пути повышения производительности автомобиля. Установлено, что на внехозяйственных перевозках сельскохозяйственных грузов автомобили средней грузоподъемности целесообразно использовать в составе автопоезда.

### **Введение**

Снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции в значительной мере зависит от уменьшения расходов на транспортные работы, что достигается рациональным комплектованием транспортных средств. Исследованиями, проведенными нами, установлено, что при работе автомобиля средней грузоподъемности с номинальной нагрузкой на сельскохозяйственных перевозках мощность двигателя значительно недоиспользуется. Например, мощность двигателя автомобиля ГАЗ-53Б с грузом 3,5 т при работе на асфальте используется на 60, бульжной мостовой – на 38, профилированной грунтовой дороге – на 32 % номинальной, то есть в дорожных условиях, характерных для внехозяйственных перевозок, мощность двигателя ГАЗ-53Б с номинальной нагрузкой используется на 32–60 %. Недостаточно полное использование мощности объясняется невысокими среднетехническими скоростями движения, которые зависят от профиля дорог, видимости, поворотов, интенсивности движения и т. д. Имеющийся запас мощности может быть использован для буксировки одного или нескольких прицепов. Однако возникает проблема оптимального формирования автопоезда по его полной массе, т. е. определение рациональной общей массы, при которой достигается наилучшее сочетание тяговых и скоростных показателей автомобиля. Максимальная скорость автопоезда обычно ниже, чем одиночного автомобиля, но в сельскохозяйственных условиях, как показали наши исследования, она практически не реализуется, а техническая скорость движения значительно меньше максимально возможной.

### **Основная часть**