

Сравнение расчетных данных с результатами экспериментов для одних и тех же природно-производственных условий показывает их достаточно хорошую сходимость. Для всей области варьирования факторов доверительные интервалы включают теоретические показатели, а максимальное расхождение расчетных и опытных данных не превышает 2,3%, что вполне достаточно для инженерных расчетов.

Заключение

1. Разработанный алгоритм и программа расчета на ПЭВМ положены нами в основу выбора рационального состава и режимов работы МТА в природно-производственных условиях Республики Беларусь и конкретных условиях хозяйств.

2. Разработанная методика выбора рационального состава и режимов работы МТА и полученные критериальные математические модели могут быть использованы при разработке новых технических средств, проектировании материально-технической базы и производственных процессов, планировании использования технического и трудового потенциала хозяйств, организации и нормировании работ, управлении производственными процессами в сельскохозяйственном производстве.

Литература

1. Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень.- Київ.: Урожай, 1994.
2. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем.- М.: Советское радио, 1973.
3. Дедков В.К., Северцев Н.А. Основные вопросы эксплуатации сложных систем: Учеб.пособие для вузов.- М.: Высш.школа, 1976.

УДК 631.363.636

ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛИЧЕСТВА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ ОТРЯДАХ

Чепарко Т.А., Гончарко А.А. (БГАТУ)

Предложена методика моделирования поточных процессов из вариантов выходного множества альтернативных вариантов и выбора наиболее рациональных составов основных агрегатов N , режимов работы и их количество в группе, и количество обслуживающих транспортных агрегатов в зависимости от природно-производственных условий использования техники в сельскохозяйственном предприятии.

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 (комплекс машин), функция которых, как правило, реализуется в условиях достаточно жестких ограничений на сроки проведения работ, допустимые потери и ресурсы производительных сил (труд, техника).

Основная часть

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,

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

Механизированное производство сельскохозяйственных культур характеризуется тесной и сложной взаимосвязью между технологическими, транспортными и погрузочно-разгрузочными операциями.

При непрерывном взаимодействии 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 единиц (ТЕ) 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) [1]. 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 $T_{\text{ц}}$ поточного процесса:

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

$$T_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{ТЕ}} \lambda_{\text{ТЕ}} \gamma}{W_{\text{ч}} H N} + t_{\text{с}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{ТЕ}}$ – объем кузова транспортной единицы, м³;

$\lambda_{\text{ТЕ}}$ – коэффициент наполнения кузова;

γ – плотность технологического материала, т/м³;

H – урожайность (нормы высева, внесения материала), т/га;

N – число основных агрегатов в группе;

$W_{\text{ч}}$ – производительность основных агрегатов за час технологического времени без учета согласования их работы с транспортной единицей, га/ч;

$t_{\text{с}}$ – время на погрузку (разгрузку) транспортной единицы, ч,

при непрерывном взаимодействии агрегатов (без бункера) (копатели - погрузчики и др.)

$$T_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{ТЕ}} \lambda_{\text{ТЕ}} \gamma}{W_{\text{ч}} H N}, \quad (2)$$

при непрерывном взаимодействии агрегатов (с бункером) (картофелеуборочные комбайны и др.)

$$T_{\text{ч}} = \frac{V_{\text{TE}} \lambda_{\text{TE}} \gamma}{W_{\text{ч}} H N} \left[1 + \frac{W_{\text{ч}} H t_{\text{е}}}{V_{\text{о}} \lambda_{\text{о}} \gamma} \right], \quad (3)$$

где $V_{\text{о}}$ – объем технологической емкости основного агрегата, м³;

$\lambda_{\text{о}}$ – коэффициент наполнения технологической емкости.

Из выражений (1) – (3) вытекает, что чем больше число основных агрегатов N в комплексе, выше их производительность $W_{\text{ч}}$ и меньше грузоподъемность транспортной единицы, тем меньше времени простоит на поле транспорт в ожидании погрузки (разгрузки). Однако необходимо учитывать, что число 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 транспортной единицы $T_{\text{о}}$, которое для поточных процессов вида (1) и (3) определяется по выражению

$$T_{\text{ок}} = \frac{V_{\text{TE}} \lambda_{\text{TE}}}{V_{\text{о}} \lambda_{\text{о}}} (t_{\text{с}} + t_{\text{ожс}}) + \frac{2l_{\text{не}}}{v_{\text{не}}} + A,$$

а для процессов вида (2) по выражению

$$T_{\text{о}} = \frac{V_{\text{TE}} \lambda_{\text{TE}} \gamma}{W_{\text{ч}} H} + t_{\text{ожс}} + \frac{2l_{\text{не}}}{v_{\text{не}}} + A,$$

где $l_{\text{не}}$ – среднее расстояние перевозки груза, км;

$v_{\text{не}}$ – средняя техническая скорость движения транспортной единицы с грузом и без груза, км/ч;

A – время разгрузки (погрузки) транспортной единицы, взвешивания, оформления документов и др., ч.

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

$$N_{\text{TE}} = \frac{T_{\text{о}}}{T_{\text{ч}}}.$$

Однако потребное количество транспортных средств лишь изредка может получиться целым, поэтому, в силу неделимости выбранных транспортных единиц, возникает необходимость округления к ближайшему целому числу.

Округление необходимого числа транспортных единиц N_{TE} к ближайшему большему целому числу “ D ”

$$N_{\text{TE}}' = \frac{T_{\text{о}}}{T_{\text{ч}}} \uparrow = D$$

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

$$t_{\text{ном}} = k' D (T_{\text{о}}' - T_{\text{о}}),$$

где $T_{\text{о}}'$ – фактическое время оборота транспортных единиц при округлении необходимого их числа к ближайшему большему целому, ч;

k' – количество оборотов (рейсов) каждой транспортной единицы за время обработки участка площадью F .

Поскольку при округлении необходимого числа транспортных единиц 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

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

Округление необходимого количества транспортных единиц 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 единиц, 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 единиц остается равным T_o , что и приводит к простоям основных агрегатов.

Фактическая производительность основных агрегатов

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

и транспортных средств в соизмеримых единицах

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

Коэффициент ξ учитывает недостаток транспортных единиц 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 числа транспортных агрегатов к ближайшему большему или меньшему целому числу определяем по интегральному критерию относительного удаления от цели [1]

$$\mu' = \frac{N_{D_{omn}}^H + M^H + Q^H + 3^H + S^H}{N_{D_{omn}}^O + M^O + Q^O + 3^O + S^O} - 1 \rightarrow \min, \quad (4)$$

где $N_{D_{omn}}$ – относительное число нормо-смен;

M – материалоемкость, кг/га;

Q – затраты топлива, кг/га;

3 – 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).

В результате моделирования поточных процессов из вариантов 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 и 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 [4] и ограничения: выполнение операции в наиболее целесообразные агротехнически обоснованные сроки; ограничение числа 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 μ' .

По данной методике нами был произведен выбор рационального размера комплексов машин на комбайновой уборке картофеля с отвозкой 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 МТА. В качестве транспортного агрегата предполагалось использовать автомобиль-самосвал ЗИЛ-ММЗ-554М. При этом приняли 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 (сплошные линии) или на 71,43% (с 0,119 до 0,034 при $N''_K = 4$, $N''_{TE} = 2$) при недостатке транспортных средств (штриховые линии), 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 производительности, 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 числа транспортных единиц 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 исполь-

зования фонда времени уборочных и транспортных агрегатов и, следовательно, повышения их производительности.

Заключение

1. Разработанные алгоритм и программа расчета на ПЭВМ положены нами в основу оптимизации машинно-тракторных агрегатов и комплексов машин в природно-производственных условиях Республики Беларусь и конкретных условиях сельскохозяйственных предприятий.

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

Литература:

1. Непарко Т.А. Прогнозирование рационального состава машинно-тракторных агрегатов // Агропанорама.- 2004.- № 2.- С. 30-36.
2. Эксплуатация сельскохозяйственной техники. Учебник / Ю.В. Будько [и др.]; под ред. Ю.В. Будько. – Мн. : Беларусь, 2006.
3. Эксплуатация машинно-тракторного парка: Учеб.пособие для с.-х. вузов/ А.П. Ляхов, А.В. Новиков, Ю.В. Будько, П.А. Кункевич и др.; Под ред. Ю.В. Будько.- Мн.: Ураджай, 1991.
4. Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень.- Київ.: Урожай, 1994.

УДК 629.113.001

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ МОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Широков Б.Н. (Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси)

В статье рассмотрен аппаратно-программный комплекс для исследования стратегий управления системой динамической стабилизации мобильной машины, выполненный по hardware-in-the-loop технологии. Приведена структура разработанного комплекса и математическая модель мобильной машины. Получены результаты моделирования маневра мобильной машины с учетом работы системы динамической стабилизации.

Введение

Разработка и верификация алгоритмов управления системами активной безопасности являются одними из ключевых составляющих процесса проектирования современной мобильной машины. Одной из базовых технологий при решении таких задач является технология hardware-in-the-loop (HIL). Суть HIL состоит в такой организации процесса исследования и испытания технического объекта, при котором его реальные исполнительные и сенсорные компоненты объединяются через устройства сопряжения с компьютерной моделью поведения объекта в эксплуатационных условиях. Таким образом, имеет место полунатурное моделирование. В настоящее время ведущими производителями устройств сопряжения являются такие компании как National Instruments, dSPACE, veDYNA и т.д. Данная технология нашла широкое применение при разработке антиблокировочных систем [1] и систем динамической стабилизации [2]. Аппаратно-программный комплекс разработан на базе кафедры «Автомобильная техника» Технического университета г. Ильменау (Германия) в процессе стажировки автора в рамках программы «Восточное сотрудничество».