

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЗЕРНА ДЛЯ УСЛОВИЙ НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.А. ТИРАНОВА,
*аспирант Института экономики и управления,
Новгородский государственный университет*

Ключевые слова: *машинно-технологические станции, экономико-математическая модель, специализация, производительность.*

Цель и методика исследований

В настоящее время проблемы снабжения сельскохозяйственного производства современной техникой выходят на первое место. Для фермерских хозяйств, да и для сельскохозяйственных производственных кооперативов приобретение тракторов и сельскохозяйственных машин становится проблематичным по двум основным причинам: во-первых, цена техники довольно высока, хотя и имеется возможность её приобретения по лизингу; во-вторых, эффективность использования техники в фермерских хозяйствах низкая, так как объемы работ не соответствуют производительности современной техники.

В последнее время широкое распространение получили машинно-технологические станции (МТС), в задачу которых входит оказание услуг в выполнении механизированных работ на основе интенсивного использования техники. Однако формирование МТС носило стохастический характер. В итоге сегодня МТС в основном оснащены устаревшей техникой, которая не

позволяет им проводить необходимые виды и объемы сельскохозяйственных работ [1].

Для решения поставленных перед МТС задач необходимо предварительное проведение расчетов по оптимизации состава технических средств, позволяющих выполнять весь объем сельскохозяйственных работ в вегетационный период для интегрированного формирования сельскохозяйственных организаций всех форм собственности и различной специализации.

Задача по оптимизации структуры и использования машинотракторного парка в общем случае состоит в том, чтобы рассчитать необходимый парк тракторов с дифференциацией по типам, парк сельскохозяйственных машин с дифференциацией по маркам с учётом выполнения всех заданных объемов механизированных работ по периодам (пятидневым, десятидневкам), а также с учётом возможного агрегирования тракторов и сельскохозяйственных машин при выполнении всех видов механизированных работ,



173015, г. Великий Новгород,
ул. Псковская, 3;
тел. 8 (8162) 77-01-76;
e-mail: tais-tta@yandex.ru

чтобы общие эксплуатационные, приведенные, а также отдельные элементы затрат на приобретение и эксплуатацию МТС достигали экстремума.

Данная задача может быть реализована с точки зрения критериев, предполагающих min или max целевой функции.

В качестве критерия, предполагающего максимизацию целевой функции, обычно выступает максимум производительности МТС при выполнении заданных объемов работ. При постановке данного критерия одновременно обеспечиваются условия минимального количественного состава МТС.

Решение данной задачи на минимум обычно сводится к нахождению минимальных приведенных затрат, которые состоят из постоянной и переменной составляющих. В состав постоянных затрат входит балансовая стоимость

The machinery and technological stations, economic-mathematical pattern, specialization, output.

тракторов и сельскохозяйственных машин с учётом коэффициента эффективности капитальных вложений или окупаемости капитальных вложений плюс постоянные затраты по хранению и содержанию техники.

В состав переменных затрат входят эксплуатационные затраты, включающие в себя все статьи калькуляции себестоимости при выполнении сельскохозяйственной техникой механизированных работ.

Чтобы представить в математической форме экономико-математическую модель задачи оптимизации структуры и использования МТС, введём следующие обозначения:

Q_1 – подмножество переменных в задаче по типам тракторов, которые используются или могут использоваться в сельскохозяйственном производстве;

Q_2 – подмножество переменных в задаче по маркам сельскохозяйственных машин, которые используются или могут использоваться в сельскохозяйственном производстве;

Q^t – подмножество переменных в задаче по агрегатам, которые могут выполнять механизированные работы в t -й дискретный период (десятидневки);

x_j – переменная, которая отражает количество тракторов или сельскохозяйственных машин соответствующего j -го типа или марки в оптимальном составе МТС;

x_{ijk}^t – количество агрегатов j -го вида, участвующих в выполнении механизированных работ i -го вида в t -й дискретный период времени в k -м хозяйстве интегрированного объединения, занятом производством сельскохозяйственной продукции;

b_{ik}^t – заданный объём механизированных работ i -го вида, подлежащий выполнению в t -й дискретный период времени в k -м хозяйстве интегрированного объединения, занятом производством сельскохозяйственной продукции;

c_j – коэффициент, характеризующий выбранный критерий оптимизации по j -му типу тракторов или j -й марке сельскохозяйственных машин;

c_j – коэффициент, характеризующий постоянные затраты по j -му типу тракторов или j -й марке сельскохозяйственных машин);

(c_{ij}^t) – коэффициент, характеризующий переменные эксплуатационные затраты на выполнение механизированных работ i -го вида j -м агрегатом за весь t -й дискретный период времени);

a_{ijk}^t – коэффициент, характеризующий полную производительность j -го агрегата при выполнении i -й механизированной работы за весь t -й период времени (с учётом часовой производительности агрегата на i -й работе, количества часов в смене, коэффициента сменности j -го агрегата, коэффициента погодных условий в k -й

дискретный период, коэффициента использования календарного времени в t -й дискретный период и количества дней в t -м дискретном периоде) в k -м хозяйстве, занятом производством сельскохозяйственной продукции интегрированного объединения;

a_{ij} – коэффициент связки по i -му ограничению j -го типа тракторов или j -й марки сельскохозяйственных машин;

$t = 1, 2, \dots, u$;

$k = 1, 2, \dots, s$;

u – общее количество учитываемых при решении задачи выделенных дискретных периодов времени выполнения механизированных работ;

s – общее количество хозяйств интегрированного объединения, занятых производством сельскохозяйственной продукции.

Задача сводится к нахождению минимума количества тракторов и сельскохозяйственных машин по типам и маркам, обеспечивающих выполнение заданного объёма работ в каждый дискретный период времени:

$$\min f(x) = \sum_{j \in Q_1} c_j x_j + \sum_{j \in Q_2} c_j x_j,$$

или в денежном выражении к нахождению минимума приведённых затрат на приобретение, содержание и эксплуатацию МТС:

$$\min f(x) = \sum_{j \in Q_1} c_j x_j + \sum_{j \in Q_2} c_j x_j + \sum_{k=1}^s \sum_{t=1}^u \sum_{i \in M_k^t} c_{ij}^t x_{ijk}^t,$$

где M_k^t – множество видов механизированных работ, которые требуется выполнить в t -й дискретный период времени в k -м хозяйстве интегрированного объединения, занятом производством сельскохозяйственной продукции.

При условиях:

1) по гарантированному выполнению всех видов механизированных работ в каждый из выделенных дискретных периодов возможного или необходимого их выполнения в каждом k -м хозяйстве интегрированного объединения, занятом производством сельскохозяйственной продукции:

$$\sum_{k=1}^s \sum_{j \in Q^t} a_{ijk}^t x_{ijk}^t \geq b_{ik}^t, \quad (i \in M_k^t),$$

$(t = 1, 2, \dots, u)$;

2) по соотношению количества тракторов с количеством агрегатов, в состав которого входят данные типы тракторов (по обеспеченности агрегатов тракторами по периодам):

$$a_{ij} x_j - a_{ij} \sum_{j \in Q^t} x_{ijk}^t \geq 0, \quad (i \in \bar{M}^t),$$

$(k = 1, 2, \dots, s)$,

$(t = 1, 2, \dots, u)$,

где \bar{M}^t – множество ограничений

по соотношению тракторов с дифференциацией по маркам с агрегатами, в состав которого они входят по t -му дискретному периоду;

3) по соотношению сельскохозяй-

ственных машин с агрегатами, в состав которого они входят (по обеспеченности агрегатов сельскохозяйственными машинами):

$$a_{ij} x_j - a_{ij} \sum_{j \in Q^t} x_{ijk}^t \geq 0, \quad (i \in \bar{M}^t),$$

$(k = 1, 2, \dots, s)$,

$(t = 1, 2, \dots, u)$,

где \bar{M}^t – множество ограничений

по соотношению сельскохозяйственных машин с дифференциацией по маркам с агрегатами, выполняющими механизированные работы в t -й дискретный период;

4) по неотрицательности переменных (или по необязательному выполнению каждым агрегатом каждой механизированной работы в каждый дискретный период, а также по составу МТС, в который не обязательно должны входить все учитываемые при решении задачи типы тракторов и марок сельскохозяйственных машин):

$$x_j \geq 0, \quad (j \in Q_1),$$

$(j \in Q_2)$,

$$x_{ijk}^t \geq 0, \quad (i \in M_k^t),$$

$(j \in Q^t)$,

$(k = 1, 2, \dots, s)$,

$(t = 1, 2, \dots, u)$

В качестве переменных в задаче выступают все типы тракторов, все марки сельскохозяйственных машин, все возможные варианты агрегирования сельскохозяйственной техники при выполнении каждого вида механизированных работ в каждый учитываемый при решении задачи дискретный период времени.

Результаты исследований

Матрица данной задачи имеет блочную структуру. Связующим блоком являются ограничения по агрегированию тракторов и сельскохозяйственных машин (ограничения 2 и 3).

Для каждого конкретного периода времени выполнения работ (ограничение 1) формируется отдельный блок, охватывающий все виды механизированных работ, выполняемых или планируемых к выполнению в данный период.

При решении задач нахождение оптимальных решений количества переменных (столбцов) в таблице Excel не должно превышать 220, иначе программа не будет работать. Использование в Excel алгоритма нахождения оптимального решения задачи целочисленного программирования позволяет получать непосредственно в целых единицах количество тракторов и сельскохозяйственных машин.

При составлении матрицы задачи по оптимизации МТС необходимо учитывать, что в ограничениях по гарантированному выполнению работ по периодам производительность отдельных агрегатов умножается на целое число

данных агрегатов и может превышать объём работ, отражённый в правой части матрицы. Следовательно, знак ограничения в данных ограничениях должен быть «больше или равно» (i).

При решении задачи на один из периодов выполнения работ в ограничениях по расчету потребности в тракторах и сельскохозяйственной технике можно ставить знак ограничений «равно» (=). А в задачах, решаемых на два и более периодов, знак ограничения должен быть i или j в зависимости от коэффициента при переменных, отражающих расчётную потребность в тракторах и сельскохозяйственной технике. Если этот коэффициент равен единице, то знак ограничения будет i, а при -1 знак ограничения (>).

При составлении матрицы задачи по оптимизации МТС согласно экономико-математической модели можно выделить две группы ограничений: первая – по гарантированному выполнению всех видов механизированных работ в каждый из выделенных дискретных периодов; вторая – по соотношению тракторов и сельскохозяйственных машин в агрегатах, в состав которых они входят, при выполнении гарантированного объёма работ в каждый дискретный период времени.

В первой группе ограничений по каждому виду работ, выполняемых агрегатом, стоит коэффициент (a_{ijk}^1), отражающий полную производительность конкретного агрегата ($K_{гп}$), которая рассчитывается по формуле:

$$K_{гп} = P_p \cdot T_{ч} \cdot C_{см} \cdot C_{им} \cdot C_{г} \cdot C_{о} \cdot C_{д},$$

где P_p – нормативная (конструкционная) часовая производительность агрегата на конкретной работе;

$T_{ч}$ – количество часов в смене;

$C_{см}$ – коэффициент сменности агрегата (1, 2, 3 смены);

$C_{им}$ – коэффициент использования календарного времени основной работы из-за неблагоприятных погодных условий в некоторых областях и в целом по Северо-Западному региону РФ в каждый выбранный дискретный период;

$C_{г}$ – коэффициент готовности сельскохозяйственной техники;

$C_{о}$ – коэффициент использования рабочего времени по организационным причинам;

$C_{д}$ – количество дней проведения работ в конкретном дискретном периоде (пятидневка, десятидневка, неделя, месяц, квартал) или количество оптимальных дней для выполнения работ конкретного вида.

При расчётах необходимо учиты-

вать, что нормативная (конструкционная) часовая производительность агрегата зависит от ряда факторов. Например, на вспашке необходимо учитывать длину гона, удельное сопротивление почвы, влажность почвы, угол склона полей, наличие препятствий, каменистость, глубину вспашки, то есть необходимо в каждом конкретном случае вводить поправочный коэффициент, который может колебаться от 0,7-0,8 до 1,0.

Количество часов в смене будет зависеть от установленной продолжительности смены. Согласно ТК РФ продолжительность смены не может превышать 10 часов.

Коэффициент сменности чаще всего равен 1.

Коэффициенты использования календарного времени основной работы из-за неблагоприятных погодных условий обычно разбиты по декадам месяцев. При выполнении одного вида работ в разные декады необходимо найти средневзвешенный коэффициент использования календарного времени основной работы из-за неблагоприятных погодных условий.

Коэффициент готовности тракторов и сельскохозяйственных машин рассчитывается как отношение готовой для эксплуатации техники к имеющейся в наличии по маркам и видам. Для каждого конкретного хозяйства данный коэффициент будет иметь своё значение. Нами используются средние значения коэффициента готовности на начало использования данного вида техники.

Коэффициент использования рабочего времени по организационным причинам зависит от организации труда, от умения руководителя подразделения организовать работу в технологической цепочке без простоев техники.

Количество дней проведения работ будет зависеть от агротехнических сроков проведения конкретных сельскохозяйственных работ.

В зависимости от объёмов работ и производительности агрегатов количество рассчитанных тракторов и сельскохозяйственных машин резко колеблется по периодам. В зависимости от специализации производства работ (возделывание картофеля, зерна, овощей и т.д.) также будет изменяться количество тракторов и сельскохозяйственных машин по периодам работ. Специализация сельскохозяйственных производителей на производстве определенного вида продукции накладывает жёсткие ограничения на состав и использование машинно-тракторного парка.

В условиях Северо-Западного региона РФ производят озимые и яровые зерновые, что накладывает особые условия на формирование машинно-технологических станций при специализации хозяйств на производстве зерна.

Расчёты проводились с использованием метода целочисленного программирования. При постановке задачи по расчету оптимальной МТС для производства зерновых в матрицу включены операции по производству озимой ржи, ячменя, овса и горохоовсяной смеси.

В матрицу задачи включены ограничения по видам работ в каждый выделенный десятидневный период. Всего выделено 15 периодов (с 11 апреля по 10 сентября).

В матрицу задачи не вводились ограничения по прямому комбайнированию зерновых с использованием самоходных комбайнов, так как расчёт необходимого количества данных комбайнов легко определить прямым методом, то есть делением площади уборки на производительность комбайна.

Наибольшее количество тракторов класса 3 тонны (ДТ-75М) и 0,6 тонны (Т-16М) составляет по 3 шт. Трактора марки ДТ-75 используются на работах по подготовке почвы и вспашке зяби. Трактора марки Т-16М используются в агрегировании с грейферным погрузчиком ПШ-0,4 при возделывании гороха с овсом.

Максимальная потребность в тракторах класса 1,4 тонны (МТЗ-80) приходится на 3-й и 11-й периоды и составляет 7 тракторов.

Предложена плотность распределения тракторов по маркам в расчёте на 100 га пашни по периодам работ. Наибольшая плотность для трактора ДТ-75М приходится на 9-й и 13-15-й периоды, когда идёт подъём зяби.

Также рассчитана плотность сельскохозяйственных машин по маркам.

Выводы

Приведённая экономико-математическая модель позволяет рассчитать МТС для интегрированного формирования сельскохозяйственных организаций и предприятий, крестьянских (фермерских) и личных подсобных хозяйств, малых форм сельского производства, а также может быть использована для расчёта МТС для любого региона (района, области).

Результаты решения позволяют проводить комплектацию машинно-технологических станций для условий Новгородской области, зная плановую площадь пашни, обслуживаемую данной МТС.

Литература

Дорофеева Н. Опыт создания и функционирования машинно-технологических станций // АПК: экономика, управление. 2002. № 9. С. 49-57.